ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME XIII Octobre 1954 NUMÉRO 52

SOMMAIRE

Article de Tête: Sir Charles Parsons (1854–1931) 171

539.13:541.5
Phénomènes électriques intramoléculaires et transformations chimiques — SIR ROBERT ROBINSON — 173

59.006:591.082
Ethologie des animaux exotiques des parcs zoologiques — A. URBAIN et J. C. G. NOUVEL — 184

539.16.08:621.374.32:621.387.4
Evolution des compteurs de particules — H. GREINACHER — 190

576.8.06:632.5
Toxines et maladies des plantes — E. GÄUMANN — 198

92:54
Un professeur éminent: H. J. H. Fenton (1854–1929) — W. H. MILLS — 205

576.72:616-006.4-091.8
Procédés histologiques en cancérologie — E. S. HORNING — 207

568.112:576.1
L'origine des Lézards — E. KUHN-SCHNYDER — 213

049.3
Revue des livres 220

Livres reçus 223

Notes biographiques sur les collaborateurs.. 224

Rédacteur en chef: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Rédacteur adjoint: TREVOR I. WILLIAMS, M.A., B.Sc., D.Phil., F.R.I.C.
Pour les éditions étrangères: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries Limited, Millbank, Londres, S.W.1
Prière d'adresser toute correspondance à la rédaction, North Block, Thames House, Millbank, Londres, S.W.1

Sir Charles Parsons (1854–1931)

Dernier des six fils du troisième comte de Rosse, Charles Parsons naquit le 13 juin 1854. Son père, astronome distingué, et président de la *Royal Society* pendant six ans, avait fait construire un grand télescope muni d'un miroir de 91 cm dans son propre atelier situé sur le domaine familial de Birr Castle, à Parsonstown (Irlande). Longtemps unique dans son genre, l'instrument attira chez le comte d'éminents mathématiciens dont certains, employés comme précepteurs, devinrent des amis de la famille, entre autres Sir Robert Ball, qui enseigna à Charles les rudiments de l'algèbre et de la géométrie.

Aucun des fils Parsons ne fréquenta un établissement scolaire. Quand ses précepteurs le laissaient libre, Charles allait rejoindre son père à l'atelier, à la fonderie ou au laboratoire de chimie. Il savait se servir de ses mains et très tôt il se montra fort habile aux travaux pratiques. A l'âge de 15 ans, il construisit, aidé de son frère Clere, une voiture à vapeur, mais les essais eurent une fin tragique: un passager fut projeté et tué sur le coup. Au cours de croisières de vacances sur le yacht paternel *Titania*, il eut l'occasion de se familiariser avec la navigation, et cela lui fut très utile par la suite quand il se mit à construire des turbines marines.

Le père de Charles mourut en 1867 et c'est sa mère qui désormais s'occupa de lui. Elle était fort heureusement pétrie du même limon que le père: elle s'intéressait aux ateliers et excellait à toutes sortes de travaux manuels, au modelage en cire particulièrement. Elle s'adonna avec succès à la photographie, alors à ses débuts, et fit aménager une salle à cet effet.

A seize ans Parsons alla étudier les mathématiques à *Trinity College* (Dublin), dont son père avait été le chancelier, et un an plus tard à *St. John's College*, Cambridge. En 1877 il sortit onzième à l'examen pour le diplôme de mathématiques. Il convient toutefois de signaler le peu de cas qu'il a fait des calculs au cours de sa carrière d'ingénieur; il arrivait aux résultats qu'il recherchait presque par intuition. A Cambridge ses activités n'étaient pas toutes intellectuelles: il trouva dans le canotage un dérivatif à son amour de l'effort physique.

Au sortir de l'Université Parsons alla faire un apprentissage de 3 ou 4 ans aux usines Armstrong, à Elswick. Là, il réalisa un moteur épicycloïdal dont il s'était préoccupé à Cambridge. Ce moteur tournait à grande vitesse avec fort peu de mouvement alternatif et peut être considéré comme le précurseur de la turbine.

En 1881 il va chez Kitson, à Leeds, où il poursuit les recherches commencées à Elswick sur les torpilles à réaction. C'est alors que, dans une société qui voit en lui un être fantasque et déconcertant, il rencontre Katharine Bethell, qu'il épouse au début de 1883. Sa femme partagea ses soucis et sa gloire et lui fut d'un grand soutien moral, bien qu'elle ait dû avoir une patience angélique pour s'accommoder de l'enthousiasme exclusif de son mari pour ses travaux.

L'année suivante Parsons s'associe à Clarke, Chapman et Cie, de Gateshead. La firme s'intéressait beaucoup à l'éclairage électrique, nouveauté qui suscitait un intérêt palpitant. Rappelons à ce sujet que vers 1879 Edison et Swan mettaient au point chacun un filament à incandescence, et qu'un an plus tard Sir William Thomson éclairait sa maison avec des lampes Swan. Il n'existait pas encore de service public d'éclairage électrique, mais il se formait une foule de compagnies pour la production de courant électrique au moyen de la dynamo, d'invention récente. Parsons comprit qu'il importait avant tout de trouver un moteur capable d'actionner les dynamos directement et que le moteur à piston ne convenait guère, étant donné les grandes vitesses de rotor qu'il fallait. Dès lors on mit de côté, à Gateshead, les essais de torpilles à réaction et toute l'attention se reporta sur les dynamos et les turbines à vapeur.

Le 23 avril 1884, Parsons breveta son premier turbo-moteur. A la différence de ses prédécesseurs, il s'aperçut de la nécessité d'échelonner la détente de la vapeur sur des étages successifs, chacun ayant la dimension voulue pour que les aubages puissent utiliser presque toute l'énergie disponible de la vapeur. Toutes les grandes turbines modernes sont construites d'après ce principe. La première turbine «compound», actuellement au musée scientifique de South Kensington, date de 1884. Elle avait un rendement de 10 chevaux et une vitesse d'environ 18 000 tours par minute. Parsons y apporta par la suite des modifications importantes, notamment l'adjonction d'un condenseur de vapeur d'échappement et l'emploi de vapeur surchauffée à haute pression pour augmenter encore le rendement.

En 1888 Parsons se sépare de ses associés qui n'approuvent pas les expériences plus poussées et coûteuses qu'il veut entreprendre. Avec l'appui.

financier de quelques amis qui ont foi en lui — et l'avenir leur donnera pleinement raison — il s'établit pour son propre compte à Heaton près de Newcastle. Les débuts furent difficiles, en raison surtout du fait que les premiers brevets, dont la valeur était d'ailleurs assez incertaine, appartenaient encore à Clarke, Chapman et Cie, ce qui rendait impossible tout perfectionnement. Parsons dut même s'en tenir à l'admission radiale de la vapeur. Toutefois en 1894 il récupère les brevets à la suite d'un accord et peut alors revenir à l'admission axiale, qui est encore en usage.

Entre temps la situation avait changé et l'inventeur avait commencé à récolter les fruits de ses efforts. L'industrie électrique était alors en plein essor et de partout des commandes arrivaient pour des turbines de plus en plus puissantes. Une fois la production des turbines mise en route, Parsons exerça son esprit inventif dans d'autres domaines, notamment la propulsion des bateaux. En 1894 il commence l'aménagement du *Turbinia*. Après quelques tâtonnements initiaux on arrive à des résultats très satisfaisants en 1897: le navire fait sensation à la revue navale qui a lieu cette année dans le Solent à l'occasion du soixantième anniversaire de l'avènement de la reine Victoria. On s'était heurté au début au phénomène de la cavitation, devenu plus prononcé en raison de la vitesse, exceptionnelle pour l'époque, de l'hélice entraînée directement par la turbine. On en atténua l'effet en modifiant la forme de l'hélice, mais la solution définitive du problème est encore à venir.

L'Amirauté britannique ne tarda à s'intéresser aux turbines marines: on en installa d'abord dans de petites unités, puis dans le croiseur *Amethyst*, et enfin en 1905 dans le fameux *Dreadnought*. Dès lors la marine britannique l'adopta définitivement et les marines étrangères en firent de même. En 1901 on avait vu le premier navire marchand à turbines: le *King Edward*, caboteur de la Clyde; après lui vinrent les paquebots de la Manche, les transatlantiques, et en définitive les géants de la Cunard, *Lusitania* et *Mauretania*. Ces derniers cas sont à remarquer, car il s'agissait de turbines d'une taille tout à fait imprévue jusqu'alors.

La difficulté de transmettre des puissances énormes au moyen de trains d'engrenages avait nécessité l'accouplement direct de la turbine à l'hélice; mais Parsons se rendit bientôt compte des avantages que présenteraient des engrenages de réduction, lesquels diminueraient la vitesse de l'hélice par rapport à celle de la turbine. Celle-ci pourrait alors s'adapter à tous les navires quelle que soit leur allure. Il orienta ses recherches dans ce sens (1909) et eut tôt fait de réaliser l'engrenage réducteur qu'il avait en vue. Il avait fallu des aciers spéciaux et des dents taillées avec une précision extrême. Un des premiers navires à être dotés du dispositif fut le croiseur de bataille *Hood*: dans ce cas une démultiplication à un seul degré transmettait une puissance de 140 000 chevaux.

C'est ainsi que du vivant de l'inventeur son turbo-moteur a été adopté dans les centrales thermiques et les marines du monde entier. De telles réalisations ne suffirent pourtant pas à son activité. C'est probablement le souvenir du grand télescope de la demeure familiale qui lui suggéra d'installer dans son usine d'Heaton une fabrique de réflecteurs paraboliques pour projecteurs, d'un diamètre atteignant 2 m.

On dit que plus tard pour apaiser le chagrin que lui avait causé la mort de son fils, tué la dernière année de la guerre de 1914–18, il se passionna pour les verres et les lentilles d'optique. Il acheta la majorité des actions de la firme *Ross Limited* et la verrerie *Derby Crown* qui devint la *Parsons Optical Glass Company*. Il s'associa à *Sir Howard Grubb and Company*, fabricants d'instruments astronomiques, et fonda à Heaton une fabrique de télescopes de toutes dimensions. Il assista à la construction de plusieurs grands appareils, notamment d'un télescope à réflecteur de 91 cm pour l'Observatoire Royal d'Edimbourg.

Il convient de rapppeler sa tentative de transformer le carbone en diamant — une des rares expériences qu'il n'ait pas réussies. L'idée lui en vint vers 1880, au cours d'expériences en vue de la fabrication de filaments de carbone pour lampes électriques. Il soumit, par des procédés très ingénieux, du carbone à des températures et des pressions très élevées et obtint ainsi de petits cristaux qu'il prit pour des diamants. Toutefois ne pouvant fournir la preuve certaine de ce qu'il avançait, il préféra se rétracter.

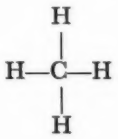
Ces quelques lignes ne suffisent pas pour faire valoir un tel génie. Empruntons plutôt à ceux qui le connaissaient le mieux une appréciation de ses qualités personnelles et professionnelles. Sa veuve rappelle «ses facultés d'application totale, son courage opiniâtre et son optimisme inébranlable», et Sir Joseph Thomson affirme «qu'il est l'ingénieur le plus grand et le plus original que notre pays ait vu naître depuis Watt». Il n'est pas étonnant que la présence de tels dons en un seul homme ait révolutionné la technique universelle.

Phénomènes électriques intramoléculaires et transformations chimiques

par SIR ROBERT ROBINSON

Nos connaissances sur la structure électronique des atomes ont fait des progrès considérables depuis le début du siècle et, d'autre part, les formules de valence sont encore en usage telles qu'elles ont été établies il y a environ cent ans. De sorte qu'il a fallu adapter ces formules ainsi que les équations de réactions aux nouvelles données électrochimiques. L'auteur, qui a étudié ces problèmes depuis plus de quarante ans donne ici un aperçu de quelques-unes de ses expériences et des importants résultats qu'il a obtenus.

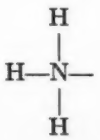
La théorie électronique de la valence est une conséquence inévitable des découvertes de Rutherford et Thomson. Nos lecteurs savent déjà que le lien chimique entre les atomes d'une molécule est dû à des électrons. Kekulé écrit le méthane:



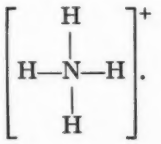
Le carbone quadrivalent est relié à chaque atome d'hydrogène par une de ses quatre unités d'affinité chimique. Nous conserverons cette écriture mais chaque trait de valence représentera deux électrons, mis en commun entre le carbone et chaque atome d'hydrogène. Dès lors H n'est plus l'atome complet, mais le proton Ⓗ$^+$, l'atome d'hydrogène qui a perdu son électron.

Les vieilles théories du duplet et de l'octet, correspondant à la configuration électronique stable gardent leur utilité malgré l'interprétation nouvelle toute différente de la mécanique ondulatoire. On ne se préoccupe guère du duplet de l'hélium, et on dit que le carbone a quatre électrons de valence. Le symbole du méthane, ci-dessus, les représente, avec les quatre qui viennent des atomes d'hydrogène.

De même, l'azote a cinq électrons de valence. L'hydrure d'azote le plus simple sera l'ammoniac NH_3. L'azote, avec cinq électrons, ne peut en prendre que trois en plus, pour compléter l'octet. Le symbole:

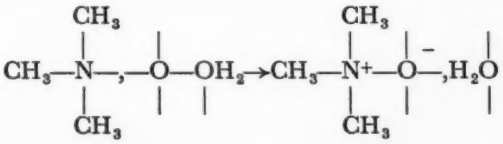


comporte un trait de valence sans équivalent dans le système de Kekulé. Il y a un «doublet isolé», deux électrons de valence de l'azote non mis en commun avec un autre noyau. Ce doublet peut cependant attacher un proton H^+, ce qui donne:



Souvenons-nous que H— signifie toujours Ⓗ$^+$—. Tous les atomes d'hydrogène sont liés à l'azote de la même façon. Cette figure représente le cation ammonium NH_4^+. Il lui manquera un électron, puisqu'il résulte d'une molécule NH_3 neutre et d'un proton. On peut le vérifier en faisant la somme du nombre d'électrons (8) et des charges positives des noyaux (9; 5 pour N et 4 pour 4H). Cette opération simple est parfois très instructive.

La représentation des réactions chimiques fait apparaître de multiples échanges de protons. Ils changent souvent de partenaires; par exemple, lorsqu'un acide XH s'ionise dans l'eau pour donner l'ion hydrogène hydraté H_3O^+. De même, l'atome d'oxygène neutre (avec 6 électrons) passe d'un oxyde, ou d'un peroxyde à un autre. La triméthylamine, un ammoniac substitué, réagit sur l'eau oxygénée (H_2O neutre plus un atome d'oxygène) pour donner un aminoxyde:



C'est Langmuir qui a fait remarquer le premier que cette arithmétique élémentaire entraîne dans

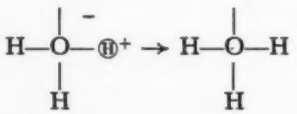
l'aminoxyde une charge positive sur l'azote et négative sur l'oxygène. Bien que la répartition des atmosphères électroniques de chaque atome diminue l'importance de la séparation des charges, il doit demeurer un dipôle résiduel. C'est ce que vérifient les mesures directes, et c'est en accord avec une multitude de propriétés physiques et chimiques. On représente ce type de liaison par $(CH_3)_3N^+—O^-$, ou $(CH_3)_3N \rightarrow O$.

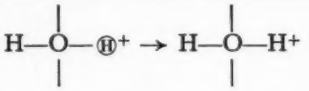
Tous les composés dits de co-ordinence, obtenus à partir de sels métalliques, et d'ammoniac, d'amines, d'eau, etc. . . . résultent de l'attaque de doublets isolés sur les noyaux métalliques. D'où l'expression de Sidgwick «valence de co-ordinence». On distingue clairement les rôles de A— et B dans la combinaison A—B, l'un donneur, l'autre accepteur d'électrons. Des analogies plausibles permettent d'étendre ces fonctions à d'autres molécules, auxquelles ces principes élémentaires seraient inapplicables.

Voici plus de trente ans que Lapworth a généralisé utilement les tables d'affinité de Berthollet. Il appelle les donneurs d'électrons réactifs «anionoïdes» et les accepteurs, réactifs «cationoïdes». Ces termes désignent des corps «réagissant respectivement à la manière des anions et des cations actifs». Il ne suggère pas qu'un réactif anionoïde doive porter une charge négative. Ingold a remplacé ensuite anionoïde par «nucléophile», et cationoïde par «électrophile». Ces appellations sont parfaitement satisfaisantes, mais n'introduisent aucune idée nouvelle.

RÉACTIFS ANIONOÏDES ET CATIONOÏDES

Les complexes anionoïdes se déduisent directement des anions par comparaison:





On voit que le mode de liaison de O et H est exactement le même dans les deux cas. Nous avons aussi des cations actifs, tels que ceux des sels de diazonium $C_6H_5N_2^+$, et des atomes à configuration électronique incomplète, comme l'oxygène et certains métaux tels Co et Pt, en combinaison saline.

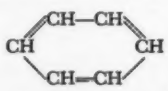
On sait depuis longtemps que les réducteurs sont des donneurs d'électrons, les métaux comme Na et Zn cèdent des électrons en devenant des cations; et que les oxydants sont des accepteurs. L'ion ferreux Fe^{++} perd des électrons et devient l'ion ferrique Fe^{+++}. Le ferricyanure $Fe(CN)_6^{---}$, accepte des électrons pour se transformer en ferrocyanure $Fe(CN)_6^{----}$. On en conclura rapidement au caractère cationoïde des halogènes, de l'ozone, de l'acide nitrique, etc.

Examinons alors par analogie le caractère électrochimique d'un groupement alkyl comme CH_3. Comme on pouvait l'attendre de la position du carbone dans la classification périodique, ce groupement, presque neutre en lui-même, peut devenir anionoïde ou cationoïde, suivant la nature électrochimique de l'atome auquel il est combiné. Dans les organo-métalliques, comme le zinc-méthyle, $Zn(CH_3)_2$, le métal est prêt à céder des électrons et par suite les méthyles sont effectivement anionoïdes.

Dans les halogénures, comme le chlorure de méthyle, CH_3—Cl, l'halogène est avide d'électrons, et le méthyle est effectivement cationoïde.

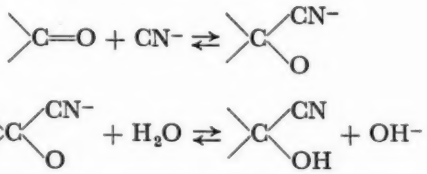
On peut grouper ces résultats, à quelques exceptions près dans le tableau ci-dessous.

Les cas supplémentaires mentionnés au-dessous sont très importants. On les a classés sans envisager de mécanisme, simplement en reconnaissant un type caractéristique de réactivité. Ce ne sont

Donneurs d'électrons (anionoïdes)	*Accepteurs d'électrons (cationoïdes)*
Anions actifs, OH^-, CN^-. Complexes anionoïdes R_2O—, NR_3—. Réducteurs; métaux tels que Fe^{++}, $Fe(CN)_6^{----}$. Organo-métalliques, R dans R.MgHal, RLi, R_2Zn.	Cations actifs, H^+, $C_6H_5N_2^+$. Atomes à configuration électronique incomplète O, Co, Pt, etc. Oxydants; métaux tels que Fe^{+++}, $Fe(CN)_6^{---}$, halogènes. Radical attaché à un anion potentiel, R.Cl, R—OSO_2.C_6H_5.
Carbone non saturé, dans l'éthylène CH_2=CH_2, et le benzène 	Carbone non-saturé d'un carbonyle, comme dans le cas du formol, H_2C=O, et de l'acétone, $(CH_3)_2C$=O.

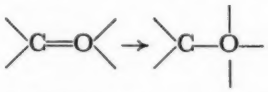
pas seulement les réactions réciproques, mais le caractère électrochimique du groupement ou de l'atome liés au groupement $>C{=}O$ des cétones qui permettent cette classification.

La formation des cyanhydrines, élucidée surtout par les recherches de Lapworth, est un bon exemple d'application de ces considérations. L'anion CN^- attaque reversiblement le carbone du $>C{=}O$, et l'ion complexe résultant attaque un donneur de protons, comme l'eau, avec formation de la cyanhydrine et d'un autre anion:



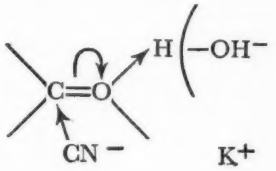
Tout le comportement chimique des composés carbonylés s'explique en admettant que le carbone du $>C{=}O$ est cationoïde: ainsi dans la réaction avec les organo-métalliques, le groupement alkyl anionoïde s'attache au carbone du carbonyle. Naturellement, il ne faut pas en déduire que le carbonyle pris dans son ensemble est inerte vis-à-vis d'acides jouant le rôle de source de protons. Il peut donner un «protonure»: $>C{=}OH^+$, structure où les tendances électrophiles du carbone vont être nettement plus fortes, à cause de la charge positive globale de la molécule.

On remarque que les électrons du carbonyle se déplacent lors de l'addition de l'ion cyanure



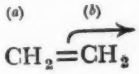
Un couple d'électrons s'est détaché du carbone, pour rester sur l'oxygène. C'est un déplacement complet, représentable ainsi

L'auteur de cet article a voulu également introduire un déplacement du même type, mais partiel, symbolisé par ↷. Dans le cas qui nous occupe $>C{=}O$ signifie que les électrons qui assurent la covalence entre C et O quittent C en restant attachés à O, dans une proportion indéterminée, et jusqu'à un maximum de deux électrons. Dès lors, il n'y a pas de raison de penser que la cyanhydrine se forme par étapes séparées, et toute la réaction peut se symboliser de cette façon:



L'union entre O et H commence probablement avant l'établissement d'une liaison parfaitement covalente entre l'ion cyanure et le carbone.

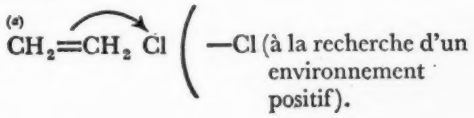
Passons au carbone non-saturé des groupements C=C. Les réactions faciles, caractéristiques, sont celles où interviennent des réactifs cationoïdes — les halogènes, les oxydants en général, les acides. Par contre, ce type de carbone non-saturé ne se combine pas facilement aux organo-métalliques, aux amines, à l'ion cyanure. Il est vrai qu'on peut les forcer à réagir dans des conditions particulières, mais ces réactions ne sont pas caractéristiques. L'éthylène et ses analogues sont donc anionoïdes, et leurs réactions sont dues au moins au début à leur rôle de donneur d'électron symbolisé ainsi:



. Ceci représente une polarisation à un degré indéterminé, et ce sont les électrons non mis en commun, ou les fractions d'électrons acquises par (*b*) qui recherchent les points déficients en électrons des autres molécules. A une certaine étape, l'approche de centres anionoïdes compensera la carence électronique en (*a*), probablement avant l'établissement complet de la nouvelle covalence avec (*b*).

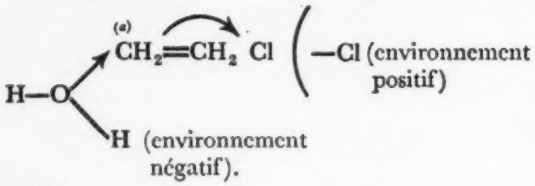
La formation de la monochlorhydrine, à partir d'éthylène, de chlore et d'eau nous donnera une nouvelle occasion d'utiliser notre symbolisme.

1ère étape



2ème étape

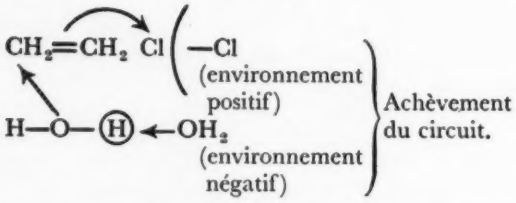
Quand la carence en (*a*) est devenue suffisante, une molécule d'eau anionoïde la neutralise.



3ème étape

Pour la raison discutée plus haut à propos des aminoxydes, la molécule d'eau prend une charge positive, et un proton s'élimine pour former H_3O^+ avec une autre molécule d'eau.

Le circuit complet est donc



Le doublet électronique va faire le tour du circuit jusqu'à ce que l'on ait finalement

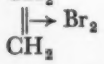
$$HO.CH_2.CH_2Cl \text{ et } H_3O^+, Cl^-.$$

On a également envisagé l'addition de HOCl à $CH_2{=}CH_2$, mais les expériences de cinétique ne s'accordent pas avec ce mécanisme. En particulier, la molécule de chlore est infiniment plus réactive que l'acide hypochloreux. Si l'on opère dans un alcool R.OH remplaçant l'eau, on obtient $RO.CH_2.CH_2.Cl$. En fait l'accumulation de $ClCH_2.CH_2OH$ dans la réaction normale entraîne la formation de

$$Cl.CH_2.CH_2.O.CH_2.CH_2Cl$$

comme sous-produit. Le mécanisme cyclique permet d'éviter les grandes variations d'énergie corrélatives d'ionisations indépendantes. On récupère d'un côté ce que l'on perd de l'autre.

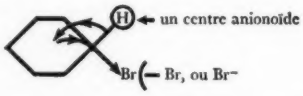
Dewar, suivi par un certain nombre de chercheurs contemporains, a prédit l'existence d'une étape antérieure: les électrons actifs dans les doubles liaisons, formeraient un complexe π, tel que:



Cette conception se rapproche quelque peu des idées anciennes de valences résiduelles, destinées à expliquer l'existence des picrates d'hydrocarbures. Elle a un intérêt philosophique pour ceux qui s'occupent de mécanismes absolus, et permet d'interpréter certains aspects stéréochimiques des réactions. Mais elle n'est pas d'un grand secours dans les problèmes d'orientation, c'est-à-dire dans la prévision du sens effectif de la transformation chimique.

Si les complexes π existent, ils sont certainement très labiles, et se décomposent en donnant l'un ou l'autre des systèmes représentés à l'aide de flèches droites et incurvées. On peut oublier cette étape dans la majorité des applications pratiques. Le benzène, et les composés les plus voisins réagissent facilement surtout avec les réactifs cationoïdes les plus puissants, et jamais avec les réactifs anionoïdes. On obtient cependant des produits de substitution plutôt que d'addition, car la configuration électronique très stable du benzène lui confère une capacité particulière de résistance aux perturbations.

Examinons par exemple l'action du brome $C_6H_6 + Br_2 \rightarrow C_6H_5Br + HBr$. Le processus global peut se présenter de la façon suivante:



Cette représentation simplifiée indique seulement les électrons non-saturés arrachés au noyau pour établir la liaison avec l'atome de brome, et d'autres électrons qui lui sont rendus en compensation.

DÉPLACEMENT ÉLECTROMÈRE CONJUGUÉ

Les systèmes les plus fréquents de la chimie organique sont des combinaisons de groupements anionoïdes et cationoïdes, et de leurs analogues évidents: SR_2, OR_2, NR_3; .CN, $.NO_2$, .NO et .CO. L'union de deux complexes anionoïdes du type R_2O, R_3N conduit aux structures du type hydrazine et peroxyde $R_2N{-}NR_2$, etc. Deux groupements fortement cationoïdes comme le carbonyle donnent le système α.dicétone

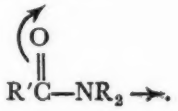
$$R.CO.CO.R$$

relié aux quinones.

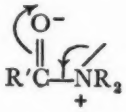
Système neutralisé

Le cas de l'union d'un groupement fortement anionoïde avec un groupement fortement cationoïde est très instructif. L'auteur appelle ceci un système «neutralisé», parce que la réactivité typique de chaque centre est diminuée par un déplacement électromère intra-moléculaire. Ainsi, dans les amides, nous avons $R'{-}(C{=}O).NR_2{-}$

(électrons non-appariés) et les réactivités séparées s'expriment par le symbole:



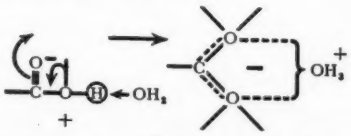
Il y a une possibilité de compensation interne des tendances opposées, et la position réelle est la suivante



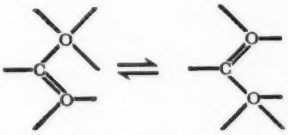
qui entraîne un certain nombre de propriétés:

1. La molécule finale est un dipôle; les mesures de moment dipolaire le confirment. C'est une cause d'association des amides, et corrélativement, de point d'ébullition relativement élevé. Les molécules en longue chaîne des nylons contiennent des groupements amides, et la disposition des dipôles sur les chaînes adjacentes est un des facteurs importants, qui influent sur les propriétés physiques de l'assemblage. L'auteur du présent article se permettra de faire remarquer qu'il avait déjà proposé cette structure des amides, ainsi que des acides carboxyliques et de leurs esters, avec les valences partielles dès 1920, et l'a utilisé dès 1922 dans ses cours, avec l'écriture électronique. Il y a encore insisté en 1926. Les théoriciens de la résonance ne s'en sont pas d'abord souciés, et ont voulu représenter les amides comme des hybrides de résonance entre deux extrêmes:

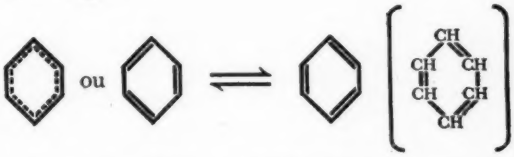
C'est précisément ce que signifie le symbole à flèches incurvées ci-dessus, dont l'emploi s'est généralisé après quelques années pour indiquer la résonance ou la mésomérie. On retrouve les mêmes phénomènes, mais avec des différences quantitatives, dans le cas des acides carboxyliques et des esters. Le carboxyle est «acide» parce que l'atome d'oxygène chargé positivement repousse ou attire moins le proton.



On ne peut distinguer les atomes d'oxygène d'un ion carboxyle, si bien que dans ce cas, le symbole ↷ signifie, semble-t-il le déplacement d'un électron. Cette conception contrarie les théoriciens de la mécanique ondulatoire, qui préfèrent y voir un système dynamique, ou extrêmement labile:



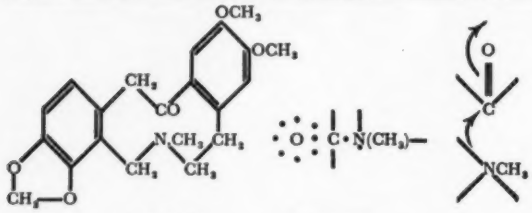
On retrouve les mêmes phénomènes dans le cycle benzénique:



2. Le caractère cationoïde du carbonyle doit être amoindri: c'est ce qu'on observe à des degrés divers. Il ne disparaît jamais complètement: certaines amides réagissent avec les organométalliques, ou avec des réducteurs, comme le sodium métallique ou l'hydrure de lithium-aluminium. Le carbonyle des esters est plus actif que celui des amides, parce que OR_2 est donneur d'électrons plus faible que NR_3. Les carbonyles cationoïdes se manifestent par des réactions de condensation du type Claisen, ou les réactions d'échange sous l'influence des anions RO^-. Quoiqu'il en soit, le carbonyle des amides, des acides carboxyliques et des esters est incontestablement moins réactif que celui des aldéhydes (R.CO.H) et des cétones (R—CO—R').

3. Le caractère anionoïde de la partie amine des amides doit être amoindri. Il est manifeste que si les électrons non mis en commun sont partiellement utilisés dans la molécule, ils ne sont plus disponibles pour être donnés à des protons, ou à d'autres centres cationoïdes extérieurs. Aussi les amides sont-elles des bases bien plus faibles que les amines dont elles dérivent. Tous les débutants apprennent cela. Là encore ce n'est qu'un amoindrissement des propriétés basiques, non leur disparition totale.

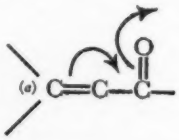
L'auteur, en collaboration avec W. O. Kermack, avait suggéré en 1922 la possibilité d'une neutralisation de $>C{=}O$ et NR_3 à travers l'espace intramoléculaire, dans le cas de cryptopine. Ceci a été confirmé expérimentalement en 1953 avec F. A. L. Anet et A. S. Bailey, et étendu à des cas analogues:



Cryptopine (Kermack et Robinson) (Anet, Bailey et Robinson)

Systèmes catio-énoïdes

La double liaison entre carbones constitue un groupement anionoïde plus faible que l'ammoniac, et l'union directe avec un carbonyle neutralise dans des proportions plus réduites la réactivité de celui-ci. La cohésion n'est plus si grande, et chaque moitié du système peut fonctionner indépendamment. Néanmoins le déplacement électromère conjugué

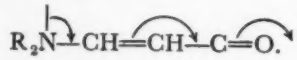


toujours possible, se rencontre fréquemment en pratique.

Il se produit finalement un résultat intéressant: le défaut d'électrons du carbone du carbonyle se trouve transféré au carbone terminal du système éthénoïde. Celui-ci devient ainsi cationoïde en (*a*). La réactivité propre du carbonyle est transférée au centre éthénoïde (*a*), qui sera désormais capable d'être attaqué par l'ion cyanure, ou d'autres anions, ou réactifs anionoïdes.

Il y a des systèmes encore plus étendus, par exemple:

et nous pouvons combiner le système catio-énoïde avec un complexe anionoïde,

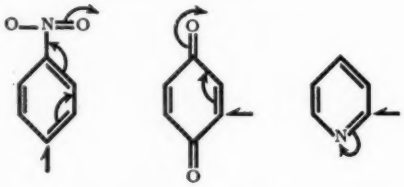


On a retrouvé expérimentalement les propriétés prévues. L'auteur a souvent utilisé la comparaison suivante:

Le groupement $C_2H_5O.CO$ constitue un système directement neutralisé comme ci-dessus. Dans

la neutralisation s'effectue à travers deux doubles liaisons.

On retrouve souvent ces systèmes dans les réactions de composés aromatiques avec les réactifs anionoïdes. Parmi les exemples les plus connus, citons (1) l'hydroxylation et l'amination du nitrobenzène; (2) l'acétylation des quinones par la méthode de Thiele; (3) l'amination des pyridines par la méthode de Tschitschibabin.

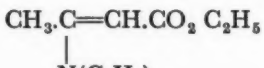


Le signe ← indique le point d'entrée du réactif anionoïde. Ces trois types de réactions se distinguent par la position du groupement cationoïde, qui est soit (1) entièrement extérieur au noyau, soit (2) partiellement dans le noyau, soit (3) complètement dans le noyau.

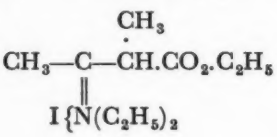
En dehors de ces réactions, et de celles du même type, les réactions des composés aromatiques ont toujours lieu avec des réactifs cationoïdes.

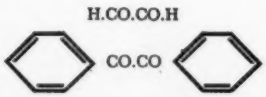
Systèmes hétéro-énoïdes

Dans ces systèmes, un complexe anionoïde, ou un anion, comme —O⁻, directement attaché à un groupement non-saturé renforce puissamment sa réactivité anionoïde. Ainsi, on a:

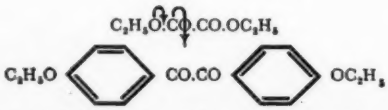


par combinaison avec qui $CH_3.I$ donne



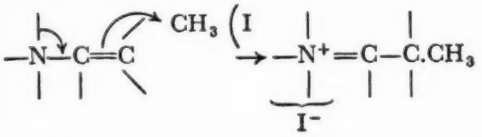


Jaune; réactif dans le sens cationoïde



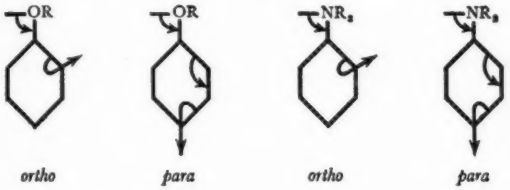
Incolore; bien moins réactif dans le sens cationoïde

avec le mécanisme



Les phénols et amines aromatiques en sont les représentants les plus importants.

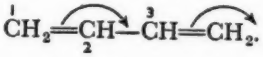
Un substituant amino ou hydroxyle augmente énormément la réactivité du benzène vis-à-vis des réactifs cationoïdes: sels de diazonium, brome, acide nitrique, acide sulfurique. Le groupement qui se substitue prend la position *ortho* ou *para*



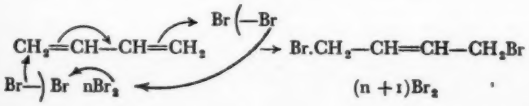
L'activité des électrons non mis en commun est d'autant plus grande que leur nombre est plus petit, N > O > F. Ce paradoxe apparent tient à ce qu'on se rapproche de la configuration gaz rare à mesure que leur nombre augmente. Néanmoins, même les halogènes peuvent participer aux systèmes hétéro-énoïdes, suffisamment pour commander l'orientation des substituants qui dérivent de réactifs cationoïdes.

Systèmes poly-énoïdes

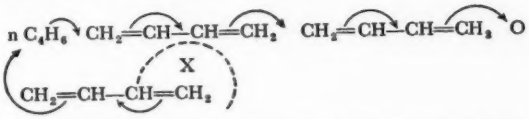
Un groupement éthénoïde renforce l'autre, comme dans le cas le plus simple, celui du butadiène,



La réactivité anionoïde est augmentée, mais bien moins que dans les systèmes hétéro-énoïdes. Le manque d'électrons en C^3 est reporté sur C^1 exactement comme dans le cas des systèmes cationoïdes. Un processus d'addition complète entraîne le mouvement de la double liaison:



Les peroxydes, sont des réactifs caractéristiques qui provoquent la polymérisation du butadiène, que l'on peut symboliser ainsi:

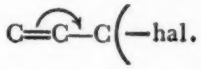


Le groupement terminal en X doit alors réagir de façon différente. On compare souvent le benzène au butadiène:

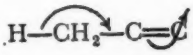
On peut alors se demander pourquoi le benzène ne se polymérise pas. Peut-être parce que les déplacements électromères sur les composés benzénoïdes ont une amplitude bien plus faible que sur le butadiène, la structure aromatique tendant à maintenir une configuration stable.

Autres systèmes électromères conjugués

On connaît bien les systèmes allyloïdes



ou ceux que l'on rencontre dans la tautomérie énol-cétone, les réactions de réduction des cétones α.halogénés, la réaction d'Hofmann et d'autres réactions d'élimination, la formation de carbinolamines, et toute une série de transpositions. Le cas de l'«hyper-conjugaison» est douteux:



L'auteur pense que si cet effet existe, c'est en réalité une «hypo-conjugaison», un effet du second ordre. Tout ce qui a été avancé en faveur de ce phénomène peut s'interpréter de façon différente.

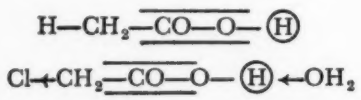
Dans tous ces processus électroniques conjugués, on observe une règle de conservation de la configuration électronique des atomes, et c'est en l'observant que l'on peut déceler la position et le caractère électrochimique des points de réactivité. En général, les effets se répètent aux positions α γ ε.

EFFET ÉLECTRIQUE DIRECT OU INDUCTIF

J. J. Thomson a fait remarquer que les atomes comme le chlore, doués d'une charge nucléaire relativement grande et concentrée, par exemple,

par comparaison avec l'hydrogène ou le carbone, attirent fortement les électrons de la covalence qui relie le chlore aux éléments de numéro atomique moins élevé. C'est une conséquence d'un principe électrostatique simple, l'atmosphère électronique étant diffuse. Le résultat est une dérive des électrons, symbolisée par Cl←C, et un moment dipolaire, Cl←+C. Que nous considérions cet effet comme un effet d'induction direct à travers l'espace, ou comme se passant dans une série de condensateurs contigus, C←C——C←C, il est manifestement important. On doit pouvoir l'étudier par une méthode physique, et relier les résultats à la réactivité du point de vue de l'orientation et de la vitesse. L'application la plus simple a trait à la force des acides et des bases. Des groupements comme $O_2^-N^+$—C et Cl←C remplaçant H n'importe où dans la molécule, augmentent invariablement la force d'un acide.

Le champ positif déplace la gaine électronique des oxygènes, ce qui va entraîner, entre autres, une répulsion plus grande du noyau de l'oxygène sur le proton qui lui est attaché. Il sera par suite relativement plus facile à une molécule de solvant comme H_2O de le détacher:



Il s'agit seulement là d'un dessin imagé, où les traits parallèles représentent l'atmosphère électronique au voisinage des carboxyles des acides acétiques et chloracétiques.

On trouve les résultats attendus avec les groupements de caractère chimique non-équivoque. Cet effet, comme tous les effets inducteurs, diminue rapidement lorsqu'on augmente la distance entre la source de perturbation et le carboxyle. A une certaine distance, il devient à peine observable. Considérons les constantes de dissociation:

$CH_3.CH_2.CH_2.CO_2H$	$K = 1{,}6 \cdot 10^{-5}$;
$Cl.CH_2.CH_2.CH_2.CO_2H$	$K = 3{,}0 \cdot 10^{-5}$;
$CH_3.CHCl.CH_2.CO_2H$	$K = 8{,}94 \cdot 10^{-5}$;
$CH_3.CH_2.CHCl.CO_2H$	$K = 1{,}39 \cdot 10^{-3}$.

La différence entre les facteurs 1,6 et 3,0 est tout juste significative dans ce domaine. L'écart suivant, de 3,0 à 8,94, dépasse les erreurs expérimentales. On ne peut se tromper sur l'énorme différence, lorsque le chlore passe de la position β à α, qui est caractéristique de l'effet inductif.

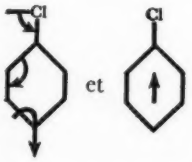
En étudiant les variations d'acidité et de basicité, lorsqu'on substitue à l'hydrogène un groupement alkyl, on entrevoit la possibilité que le groupement CH_3—C, par rapport à C—H, soit une source de champ négatif, CH_3→—C, mais les valeurs observées sont toujours trop petites pour avoir une signification claire.

$H.CH_2.CO_2H$	$K = 2{,}1 \cdot 10^{-5}$;
$CH_3.CH_2.CO_2H$	$K = 1{,}4 \cdot 10^{-5}$;
$(CH_3)_2.CH.CO_2H$	$K = 1{,}5 \cdot 10^{-6}$;
$(CH_3)_3C.CO_2H$	$K = 9{,}8 \cdot 10^{-6}$

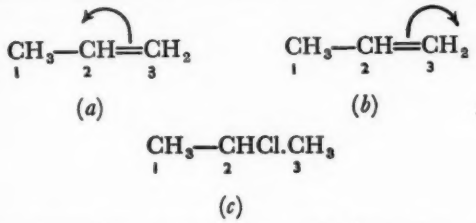
Il vaut mieux s'adresser à l'étude des moments dipolaires en série aromatique. On trouve que le moment du *p*-nitrotoluène est approximativement la somme des moments du toluène et du nitrobenzène.

On connaît la direction du déplacement dû au groupement NO_2, donc celui dû au méthyle doit être dans la même direction. Donc il est de signe contraire, comme le montre ce schéma, où les flèches indiquent la direction du déplacement électronique.

Sutton a apporté une contribution notable au problème, en prouvant expérimentalement, par des mesures de moment dipolaire qu'il peut y avoir simultanément un effet électromère qui déplace les électrons vers le noyau, et un effet inducteur, qui les déplace en sens inverse. On peut donc observer à la fois:

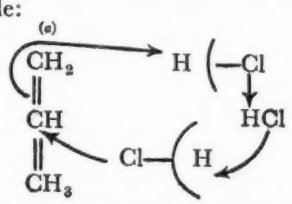


On peut dire, en gros, que l'effet d'induction détermine la vitesse de réaction de la molécule dans son ensemble, et que l'effet électromère détermine l'orientation, avec cette précision importante: lorsque peut opérer plus d'un mécanisme électromère, le champ électrique général sur toute la molécule peut déterminer celui des deux systèmes qui fonctionnera, et dans quel sens. C'est un contrôle indirect de l'orientation, dont on a un exemple dans le cas de l'addition aux carbures éthyléniques dissymétriques.



Le propylène pourrait se polariser selon les schémas (*a*) ou (*b*). Mais la répulsion exercée sur les électrons par le groupement CH_3, plus grande que celle due à H, favorise manifestement (*b*). Le centre anionoïde est donc C^3, et en ce point, l'hydrogène cationoïde de HCl est recueilli dans la molécule, ce qui permet à C^2 de se combiner à Cl^-.

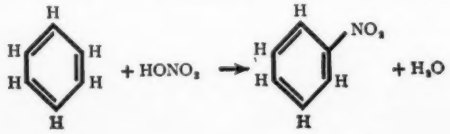
Là encore, l'interprétation purement ionique est trop grossière. Bien des auteurs aujourd'hui parleraient de la formation d'un ion carbonium $CH_3.C^+H.CH_3$, attaqué par l'ion chlorure. L'auteur de cet article considère que ces mécanismes opèrent graduellement dans un cycle, et que Cl^- commence à entrer avant que l'union avec H^+ ne soit totale:



mais c'est en (*a*) que le cycle commence.

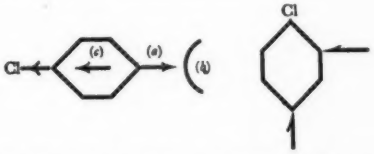
SUBSTITUTION SUR LE NOYAU BENZÉNIQUE

L'exemple précédent était un cas d'application de la règle de Markownikov: combinaison de l'halogène avec le carbone le plus substitué par d'autres carbones. Les prévisions se vérifient expérimentalement dans tout ce domaine. Dans cette série à chaîne ouverte, on tombe cependant parfois sur des difficultés: les deux modes d'addition de l'acide bromhydrique, avec et sans peroxydes, l'interférence possible de facteurs stériques, et, dans la pratique, les difficultés dans la séparation et l'analyse des produits obtenus. Presque tous ces doutes et ces difficultés s'aplanissent ou même disparaissent, dans les études de substitution en série aromatique. Nous parlons maintenant de l'action des réactifs cationoïdes. Le plus employé



est l'acide nitrique, qui donne des composés nitrés, parfois avec un très haut rendement:

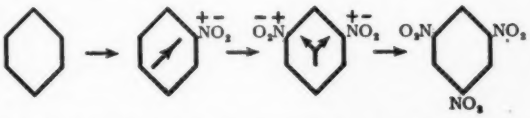
Ces dernières années, on a interprété la cinétique de la nitration en présence d'acide sulfurique en faisant intervenir l'ion nitronium NO_2^+. Il est difficile d'admettre que ceci soit général. Par exemple, dans le cas des nitrations faciles en solution aqueuse ou acétique, la formation d'un complexe cationoïde $\overset{+}{N}\overset{-}{O}_2$—OH, semble plus probable. Peu importe d'ailleurs, pour notre raisonnement, puisqu'on s'accorde sur la nature cationoïde du réactif. Les points de nitrations (←) seront donc simplement ceux où l'on peut trouver des électrons non-appariés, et où la suite de la réaction est possible. Soient (*a*) ces électrons et supposons que le réactif cationoïde approche de (*b*): un champ positif (*c*) tendra à empêcher la formation de la nouvelle covalence en resserrant la liaison entre (*a*) et l'atome de carbone du noyau.



Donc, le champ électrique dû au dipôle Cl←+ C a pour effet de rendre la nitration du chlorobenzène C_6H_5Cl bien plus lente que celle du benzène. Le contraire a lieu dans le cas du toluène

Le champ facilite la substitution; le toluène se nitre plus vite que le benzène. Il faut comprendre qu'il n'y a pas là un effet électromérique en soi, et que l'influence s'exerce à partir de n'importe où sur n'importe où dans la molécule, comme dans le cas de la force des acides.

Le groupement nitro est lui-même un dipôle, si bien que la nitration devient de plus en plus difficile, dans l'ordre benzène, nitrobenzène, dinitrobenzène:

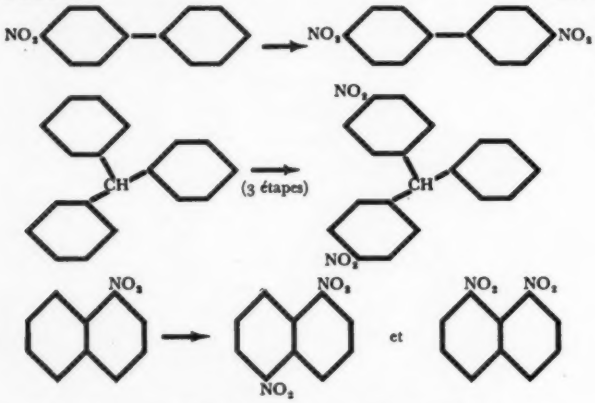


En fait la dernière étape est si difficile à franchir qu'elle est impraticable industriellement.

Il y a un certain temps, G. Müller a trouvé, à Oxford, que l'on pouvait obtenir le trinitrobenzène avec un mélange froid des acides nitriques et

perchloriques, mais cette méthode n'est guère à recommander au fabricant. L'intérêt des dérivés trinitrés vient de leurs propriétés explosives, et celui que l'on prépare à grande échelle est le trinitrotoluène, T.N.T. L'accroissement de réactivité dû au méthyle devient en effet suffisant pour qu'on puisse atteindre l'étape trinitro avec un rendement acceptable.

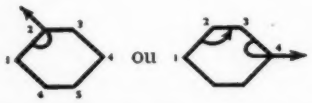
Puisque l'effet inductif s'évanouit quand la source s'éloigne, on trouve naturellement que les composés dont les molécules comportent plus d'un cycle benzénique se nitrent dans un cycle puis dans l'autre.



L'extrême stabilité des sels de pyridinium vis-à-vis des réactifs cationoïdes est due à la charge positive du noyau. Tous les électrons non-appariés produits par un mécanisme électromérique, sont retenus très fermement, et sont, en fait, presque inertes

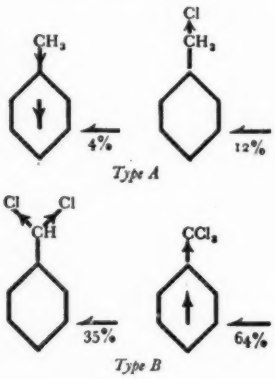
Considérons un noyau benzénique, sous l'influence d'un champ tel que les électrons tendent à s'y déplacer dans le sens de la flèche: il est évident que ceci peut résulter d'une répulsion de A ou d'une attraction de B.

Dans le premier cas, la réactivité est accrue, et dans le second elle est diminuée. C'est à partir de C_1 que la répulsion sera la plus vive. Quant à l'attraction, elle sera la plus forte en C^4 et la plus faible en C^1. Le potentiel électronique va donc décroître dans l'ordre C^1, C^2, C^3, C^4. Le processus électromérique le plus facile, doit par suite partir de C_1,

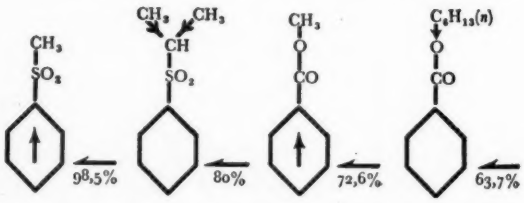


Par conséquent, un groupement (A) entraîne en *ortho* et *para* une nitration plus facile qu'avec le benzène.

Pour la même raison, exactement, un composé contenant un groupement (B) est nitré en *meta* (*ortho* par rapport à A sur le schéma) ou, comme il arrive souvent, il est lui-même déplacé (*para* par rapport à A sur le schéma). En partant d'un groupement à caractère (A), nous pouvons, par l'introduction d'halogènes, de groupements nitrés, ou de centres ammonium, le transformer en un groupement (B):



Les nombres indiquent les pourcentages en dérivé *meta*. La transformation inverse est moins facile:



Un groupement sel d'ammonium quaternaire ($-NMe_3^+\}NO_3^-$) directement attaché au noyau, oriente la nitration complètement en *meta*; il y a encore plus de 90% de *meta* lorsqu'il est séparé du noyau par un carbone. Mais, à deux carbones de distance, la nitration en *meta* tombe à 10%. Le nitroxyle ($-\overset{+}{N}\overset{-}{O}_2$) est à peu près équivalent à ($-NH_3^+$) dans cette série, mais il ne faut pas oublier que les amines portant de l'hydrogène sur l'azote n'existent pas entièrement sous forme de

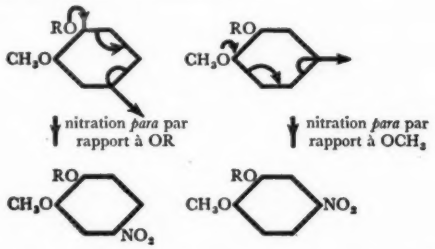
sel, même en solution très acide. La fraction non-ammonium, bien qu'en faible concentration, se nitre rapidement.

Comme on l'a déjà dit, les systèmes électromères conjugués jouent un rôle dominant dans l'orientation, et cependant, le pouvoir d'orientation d'hétéro-atomes (O, N, etc.), directement attachés au noyau peut être modifié par des effets de champ.

Nous avons eu l'idée de vérifier l'hypothèse des effets électriques combinés en étudiant les séries de la pyrocatéchine et de l'hydroquinone, et remarqué un contraste intéressant. Tous les résultats pouvaient s'expliquer par un champ moléculaire, et constituaient d'ailleurs, une preuve de son rôle effectif.

Les éthers aliphatiques de la pyrocatéchine et de l'hydroquinone sont mononitrés d'une façon pratiquement quantitative en solution acétique par une quantité d'acide à peine supérieure à la théorique. La substitution se fait exclusivement en *para* de l'oxygène sur les éthers pyrocatéchiques, et elle n'est possible qu'en *ortho*, pour ceux de l'hydroquinone.

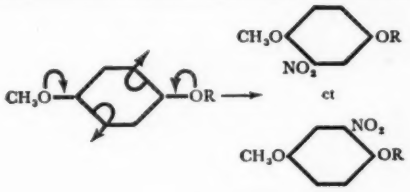
Ces deux substitutions sont dues à l'activation de systèmes hétéro-énoïdes, et lorsqu'il y a deux groupements alkyl différents, le pouvoir d'orientation des deux systèmes doit être différent. Nous avions toujours un méthoxyle.



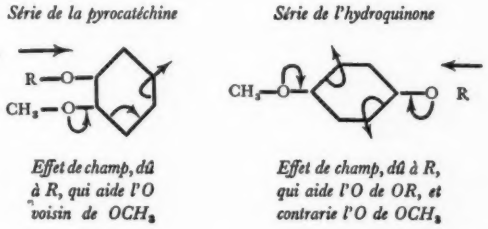
Nous avons pu faire la synthèse de ces produits par une méthode indépendante, et analyser avec précision tout mélange obtenu dans la nitration par une courbe de points de fusion.

Le cas des éthers de l'hydroquinone est exactement parallèle. (Voir le diagramme ci-dessous.)

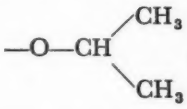
On a trouvé effectivement que l'effet directeur de OR, même lorsque R désigne un groupement alkyl supérieur, pouvait varier considérablement.



Si l'on prend 100 pour celui de $CH_3.O$, on trouve, pour $CH_3 \rightarrow CH_2—O—$, 135 dans la série de la pyrocatéchine, et 164 dans la série de l'hydroquinone. En effet une répulsion exercée par R entraînant un effet de champ, vient en aide à la fois aux deux oxygènes, dans la série de la pyrocatéchine, ce qui diminue les différences, mais vient en aide à un oxygène et contrarie l'autre, dans la série de l'hydroquinone.



Ainsi, lorsque l'effet de champ de R augmente, le pouvoir d'orientation de OR dans la série de l'hydroquinone augmente continuellement, jusqu'à la valeur 212 pour $C_{16}H_{33}O$. Mais dans la série de la pyrocatéchine, le pouvoir d'orientation passe par un maximum (150) pour



, puis décroît.

Cela tient à ce que le champ agit de façon de plus en plus égale sur les deux oxygènes lorsque la chaîne alkyl augmente de longueur.

Nous n'avons pas voulu envisager la totalité du sujet dans cette brève revue, mais seulement expliquer sur un petit nombre d'exemples simples les principes élémentaires de base, qui régissent l'action d'un champ électrique moléculaire sur un centre réactif.

Ethologie des animaux exotiques des parcs zoologiques

par A. URBAIN et J. C. G. NOUVEL

Les auteurs font la critique de certaines idées reçues: ils démontrent notamment que les animaux vivant à l'état sauvage ne sont pas aussi libres qu'on le croit communément. L'alimentation des animaux en captivité, celle des singes surtout, est l'objet d'une étude détaillée. L'emploi de méthodes scientifiques et une observation plus attentive permettent de mieux connaître et mieux soigner ces animaux. Il pourrait bien en résulter une meilleure connaissance de l'homme lui-même.

Les parcs zoologiques modernes mettent les animaux exotiques dans des conditions de vie bien différentes de celles qu'ils avaient dans les vieilles ménageries: ils les présentent dans un cadre naturel, en liberté sur des rochers, sur des savanes ou sur des lacs.

La critique, la plus souvent formulée à l'égard des collections zoologiques vivantes, est la limitation trop stricte de l'espace mis à la disposition des animaux captifs. Cette limitation paraît d'autant plus évidente que les espèces sauvages libres semblent pouvoir se déplacer sans contrainte à la surface du globe, et que rien ne les empêche de fuir devant l'homme.

Or, la réalité n'est pas conforme à ces conceptions. L'observation de la nature nous apprend en effet, que même à l'état libre, les animaux ne se déplacent pas selon leur seule fantaisie: les notions d'aire de dispersion, de biotope et de territoire nous précisent que leurs évolutions, déjà limitées par les conditions biogéographiques, le sont encore plus étroitement, par la présence aux environs des lieux où ils vivent, d'espèces ennemies qu'ils évitent, ou de congénères qui les pourchassent.

Les migrations elles-mêmes, trop souvent comparées à de libres voyages, apparaissent, au fur et à mesure que leur mécanisme est mieux connu, comme de longs et fatigants déplacements, imposés à certains animaux par des stimuli externes (alternance des saisons) ou internes (phases du développement sexuel) auxquels chaque individu doit se soumettre.

Le fait que la fuite devant l'homme, comportement presque général des animaux sauvages, soit supprimée par la captivité, apparaît à certains comme une nouvelle preuve de l'excessive limitation de l'espace disponible. Or, cette fuite n'est déclenchée que si l'homme, qui apparaît devant un animal, est considéré par celui-ci comme un danger.

Chacun sait, en effet, que, dans les parcs zoologiques, tout visiteur peut approcher la clôture d'un enclos sans déclencher la fuite des sujets qui l'habitent; mais que si ce même visiteur, ouvre la porte de l'enclos et y pénètre: les animaux s'en éloignent et cherchent à le fuir.

L'ALIMENTATION

Les problèmes posés par l'alimentation [1, 2] offrent une importance au moins égale à celle de l'espace: le premier des éléments utilisés pour déterminer les rations des animaux captifs, est la structure anatomique de leurs organes digestifs. Mais si l'anatomie nous conduit à distinguer des carnivores, des herbivores, des insectivores, des omnivores, etc, la physiologie et l'observation des animaux libres enlèvent à ces notions leur caractère absolu et nous révèlent que les êtres «monophages», c'est-à-dire qui ne consomment qu'un seul aliment, sont extrêmement rares, même parmi les espèces qui paraissent les plus spécialisées.

L'observation des animaux dans la nature viendra donc, au fur et à mesure qu'elle sera plus complète, corriger les régimes actuellement admis.

Un autre procédé enfin consiste à présenter aux animaux captifs une série d'aliments divers, ou diversement préparés et à noter ceux qu'ils absorbent de préférence. Mais cette méthode, excellente pour des sujets récemment capturés à qui l'on présente des aliments récoltés dans leur habitat naturel, est beaucoup moins féconde lorsqu'on s'adresse à des animaux captifs depuis quelques temps déjà. Ceux-ci peuvent en effet, ou bien absorber, en quantité exagérée, un aliment qui leur plaît, ou bien refuser un aliment convenable, régulièrement absorbé en liberté par les représentants de leur espèce.

FIGURE 1 – *Cygne noir,* Chenopsis atrata (*Latham*), *originaire d'Australie, aux lignes harmonieuses, niche dans nos jardins dès le mois de janvier. Cette photographie ainsi que celles qui suivent ont été prises au Parc Zoologique du Bois de Vincennes. Elles donnent une idée de la grande diversité des bêtes qu'il faut loger et nourrir de façon appropriée.*

FIGURE 2 – *Pélican blanc,* Pelecanus onocrotalus (*Linné*), *Eurafricain, intéressant par la forme curieuse et l'usage qu'il fait de son bec.*

FIGURE 3 – *Cerf d'Eld,* Cervus (Panolia) eldi *M. Clelland, du Nord de l'Inde et de l'Indochine, est aujourd'hui très rare. Il conserve, sous notre climat, le rythme saisonnier qu'il a adopté dans son pays d'origine.*

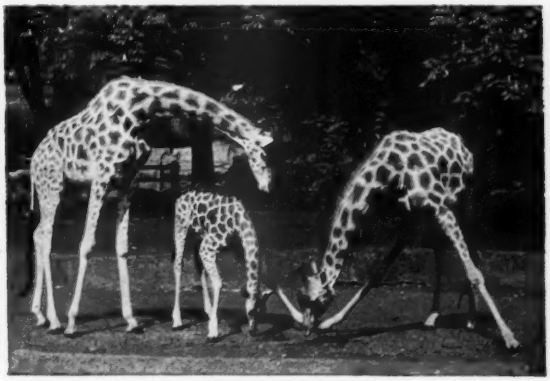


FIGURE 4 – *Les girafes,* Giraffa camelopardalis *L., espèce encore assez commune, dont l'élevage est obtenu par plusieurs jardins zoologiques.*

FIGURE 5 – *Ours blanc,* Thalarctos maritimus *Phippe, espèce arctique encore rarement élevée en captivité, quoique représentée dans la plupart des jardins zoologiques.*

FIGURE 6 – *Potamochère,* Potamochoerus porcus *L., suidé africain fréquentant les marais et le bord des rivières.*

FIGURE 7 – *Grue couronnée,* Balearica pavonina (*Linné*), *grue africaine caractérisée par la huppe, qui garnit sa nuque et par son cri, fait de deux tonalités différentes.*

FIGURE 8 – *Cigogne,* Ciconia ciconia *L., espèce migratrice qui hiverne en Afrique et niche en Europe. La nidation au Zoo de Vincennes a lieu au niveau du sol.*

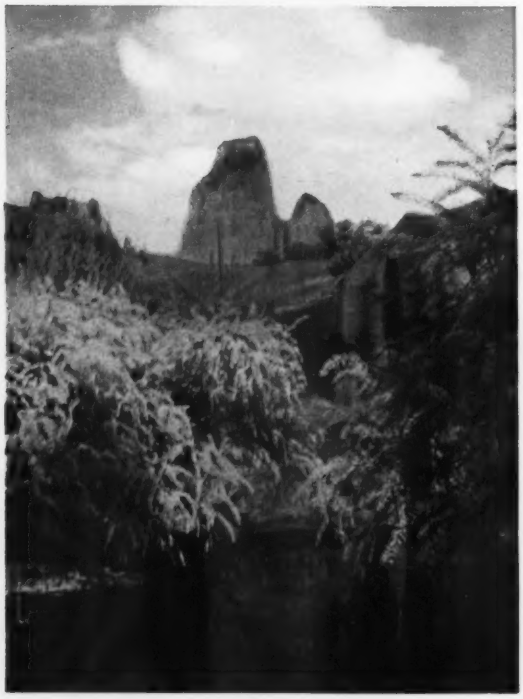
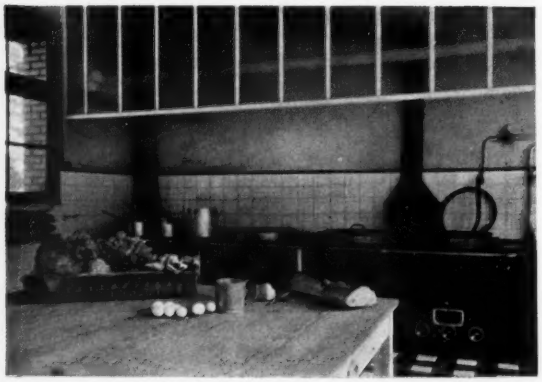


FIGURE 9 – *Paysage printanier au Parc Zoologique du Bois de Vincennes. Etang des sarcelles garni de tamaris,* Tamarix tetrandra, *avec au fond la silhouette du «Grand Rocher».*

FIGURE 10 – *La cuisine du Zoo où l'on prépare les aliments qui doivent être cuits, et quelques rations particulièrement délicates.*



L'alimentation des singes, et plus spécialement des anthropoïdes (gorille, chimpanzé, orang-outang) [3], doit être particulièrement soignée. Que mange, par exemple, en liberté, le gorille? [4]. Ce singe cherche de l'aurore à la nuit sa nourriture. Celle-ci est très variée. Au Cameroun il apprécie particulièrement une petite baie rouge que l'on trouve en abondance par grappes de 3 à 6. L'intérieur de cette baie est constitué par une pulpe violette assez acide et renferme de nombreuses graines noirâtres. Les matières fécales du gorille sont farcies de ces graines. Ce fruit est appelé «Esson» par les indigènes; la plante qui le fournit appartient au groupe des Scitaminés. Le gorille se délecte aussi de bourgeons de parasolier, de canne à sucre, de moelle de bananier, qu'il préfère au fruit, il fait une chasse acharnée aux termites dont il est friand. Enfin, il n'hésite pas à visiter des nids pour s'emparer des œufs qu'ils contiennent.

En captivité, le gorille, comme d'ailleurs tous les anthropoïdes, n'a pas les mêmes besoins que dans la nature. Il faut lui fournir une ration d'entretien aussi saine et fraîche que possible, très variée et substantielle. Voici ce que consomme actuellement, par jour, le gorille femelle «Solange», en captivité au Muséum depuis 1931:

Viande grillée	250 g	Fruits:	
Légumes:		Arachides	100 g
Carottes	300 g	Bananes	250 g
Choux ou salade	2000 g	Dattes, figues, oranges, ou pommes	300 g
Pommes de terre cuites	150 g		
Lait	½ l	Pain	250 g
Deux œufs.			

Au Laboratoire de Psychologie de l'Université de Yale (USA), dans son annexe de New Haven (Connecticut), dirigé avec tant de compétence par le Docteur Yerkes, voici la ration journalière des chimpanzés. On donne par jour et par chimpanzé, dont le poids varie d'environ 22 kg, une ration alimentaire de 1694 g correspondant à 2670 cal. Cette ration comprend une sorte de biscuit («chimcracker») et des «suppléments» consistant en fruits et légumes.

Ces biscuits sont ainsi composés:

Farine de blé	1200 g	Lait en poudre	400 g
Blé grillé	2200 g	Sel	50 g
Farine de maïs	2200 g	Beurre d'arachides	1200 g
Avoine broyée	1000 g	Raisin sec	920 g
Poudre d'os	350 g	Mélasse	455 g

Les suppléments en légumes et fruits se composent des éléments suivants:

Choux	150 g	Oranges	230 g
Carottes	175 g	Pommes	200 g
Oignons	125 g	Lait	50 g
Bananes	300 g	Cacahuètes	114 g

La ration journalière comporte 350 g du biscuit et 1344 g de légumes et fruits.

Les chimpanzés qui reçoivent une pareille ration sont dans un état d'entretien excellent et se reproduisent régulièrement.

Certaines espèces ont des besoins particuliers: tel le Colobe à manteau blanc (*Colobus abyssinicus occidentalis* Rochebrune). En captivité, il ne peut vivre que s'il reçoit, comme complément à sa ration, des feuilles de vigne (*Vitis vinifera* L.), de mûrier (*Moras alba* L.) ou d'Aucuba (*Aucuba japonica* Thunb.) en abondance. La salade, le choux, le cresson, l'épinard, les fruits les plus variés ne peuvent les remplacer. Que renferment ces feuilles pour agir aussi efficacement? Sont-ce des vitamines? Nous ne le croyons pas; les autres légumes en renferment aussi. D'autre part, toutes les vitamines données à ces singes restent sans effet. Nous pensons plutôt que ces feuilles renferment des infiniment petits chimiques, dont l'action sur la vie cellulaire des tissus a été bien démontrée par Gabriel Bertrand.

L'alimentation des carnivores n'est généralement pas constituée exclusivement de chair musculaire: les grands félins, soumis par tradition à ce régime en captivité, absorbent, en liberté, outre quelques végétaux, les viscères de leurs victimes et plus particulièrement le foie si riche en substances variées nécessaires au maintien de l'équilibre biologique, comme le prouve la multiplicité des formules médicamenteuses qui en sont aujourd'hui plus ou moins directement issues. Les canidés et les hyénidés, doués d'une puissance digestive particulière, conservent par contre, pour la plupart, en captivité, un équilibre biologique satisfaisant et assurent même parfois le jeu normal de leur fonction génitale, en se nourrissant exclusivement de viande. En liberté, toutefois, ces mêmes espèces consomment des aliments très variés, comme le montre la liste [5] des substances absorbées par les renards à l'état libre. L'élevage en captivité et la reproduction intensive de certains renards à fourrure, révèlent cependant des besoins que le simple entretien de quelques sujets dans l'enclos d'un zoo n'avait pas mis en évidence.

Les mustélidés et les viverridés, quoique toujours rattachés aux carnivores, ont à l'encontre des familles précédentes des exigences alimentaires beaucoup plus grandes.

Contrairement à ce que pourrait faire croire ces

exemples, les besoins alimentaires des animaux ne suivent cependant pas très strictement la classification zoologique et, si d'une façon générale, chez les mammifères, on peut attribuer tel régime alimentaire à telle famille zoologique. Il existe cependant des espèces dont les besoins sont très différents de ceux d'animaux zoologiquement très voisins: ainsi le fennec (*Fennecus zerda* Zimm.) est aussi délicat que les renards sont rustiques, et le furet (*Mustela putorius furo* L.), qui peut vivre et se reproduire en captivité en se nourrissant exclusivement de pain et de lait, s'oppose par ce caractère à la plupart des autres mustélidés.

Chez les herbivores, le problème de l'alimentation est tout différent: en liberté, les animaux qui se nourrissent de végétaux ingèrent couramment 50 à 100 espèces végétales distinctes [6–9]. En captivité, la reconstitution de telles rations présente de telles difficultés qu'elle n'est même pas tentée et, le plus souvent, le rationnement des espèces de ce groupe est plus ou moins directement inspiré de celui des animaux domestiques les plus voisins. La multiplicité des espèces botaniques composant les fourrages, récoltés sur des terrains divers et régulièrement amendés par les agriculteurs, apporte, le plus souvent, aux herbivores des zoo un régime complexe, suffisamment varié pour assurer leur équilibre biologique et même leur reproduction. Dans quelques cas cependant, cet équilibre n'est pas atteint, et une alimentation d'appoint est nécessaire. Un des exemples les plus connus de ces cas est le Chevreuil (*Capreolus capreolus* L.), qui, quoique fréquent dans nos forêts, est difficile à conserver en captivité dans les parcs zoologiques, malgré l'apport quotidien de ronces (*Rubus idaeus* L.) et de lierre (*Hedera helix* L.) qui constituent, à l'état libre, le fond de sa nourriture pendant la saison froide.

Les Girafes (*Giraffa camelopardalis* L.), dont la reproduction est régulièrement obtenue au zoo de Vincennes, en sont un autre exemple: outre leur ration de fourrages et de graines, elles reçoivent des flocons d'avoine, du lait, des carottes, des bananes, des oignons, du cresson et des branchages feuillus de robinier (*Robinia pseudacacia* L.) pendant la saison où cela est possible.

Dans notre parc en outre, à la suite des travaux de Raybaud [10], d'Urbain et Guillot [11], nous distribuons à tous les herbivores une importante proportion de la ration de graines, après germination. Ces graines, immergées dans l'eau pendant 24 heures, sont ensuite conservées pendant 2 à 3 jours dans des appareils spéciaux, jusqu'à ce que leur cuticule éclate, pour laisser apparaître la radicule. Elles sont alors distribuées aux animaux, qui les préfèrent aux graines sèches. Des expériences réalisées par les auteurs précités, ont montré que les animaux ainsi nourris prennent plus de poids que leurs semblables nourris de grains secs, et, qu'ils ont un poil meilleur et une vivacité plus grande.

D'autres observations nous ont montré que la distribution, en petite quantité, d'aliments très variés, en appoint à une ration de base classique correctement équilibrée, était, dans l'état actuel de nos connaissances, le meilleur procédé pour assurer aux pensionnaires des zoo un équilibre biologique satisfaisant.

PATHOLOGIE

Certaines maladies à virus sont particulièrement redoutées dans les parcs zoologiques, qui incorporent périodiquement à leurs collections des sujets provenant des pays les plus divers.

La peste bovine, observée simultanément à Londres en 1865 et à Paris, par Bouley [12] et U. Leblanc [13], est une infection qui atteint, comme la fièvre aphteuse, la plupart des espèces qui «ont les pieds fendus» (bovidés, suidés, etc.). Dans un parc zoologique cependant, comme l'a montré Bouley, le cloisonnement des locaux et de sévères précautions sont capables de limiter la contagion, sans qu'il soit indispensable d'abattre tous les représentants des espèces réceptives.

La peste porcine, aussi contagieuse, n'atteint heureusement que des espèces moins nombreuses et moins rares.

Le typhus des carnassiers de ménagerie, est aussi très redouté, mais le procédé de vaccination mis au point par Urbain [14] permet d'en éviter l'apparition.

Chez les oiseaux on observe: la diphtérie aviaire, peu fréquente, la peste aviaire, qui n'a pas encore été signalée dans les parcs zoologiques, mais qui les menace, et surtout la psittacose qui, très contagieuse, est comme la peste bovine et la fièvre aphteuse, l'objet de prescriptions sanitaires très strictes et d'autant plus justifiées que l'infection passe aisément de l'oiseau à l'homme, pour lequel elle est souvent mortelle.

Les maladies microbiennes ont aussi leur place dans l'histoire des collections zoologiques vivantes.

Le charbon et la morve, frappent les carnivores à qui l'on distribue parfois, par mégarde, des viandes infectées. Le rouget et la pseudo-tuberculose coccobacillaire provoquent rarement de graves épidémies, mais apparaissent de temps à autre sur des espèces très variées de mammifères

et d'oiseaux, comme les pasteurelloses et les salmonelloses.

Le tétanos et le botulisme sont rares, mais les gangrènes diverses, heureusement combattues aujourd'hui par l'emploi d'antibiotiques appropriés sont beaucoup plus fréquentes.

La tuberculose enfin est, dans tous les zoo, l'une des préoccupations essentielles des pathologistes [15]; elle est relativement fréquente chez les mammifères et les oiseaux (10 à 20% de la mortalité des adultes). Elle semble cependant aujourd'hui en régression et Ratcliffe [16] a montré qu'une alimentation mieux étudiée en diminuait l'importance.

Les maladies parasitaires, quoique statistiquement moins redoutables, sont cependant importantes: parmi celles que causent les parasites végétaux, les aspergilloses sont les plus répandues; elles atteignent surtout les manchots et les jeunes ansériformes.

Les mallophages, souvent nombreux, ne provoquent que de légers troubles, mais les acariens des oiseaux et ceux qui déterminent les gales des mammifères étaient très redoutés, jusqu'à ce que les insecticides de synthèse modernes en aient facilité le traitement. Ces produits se sont malheureusement révélés toxiques pour les reptiles et les petites espèces de mammifères et d'oiseaux.

La pathologie des animaux des parcs zoologiques doit enfin faire une large place aux traumatismes et accidents divers qui, chaque année, causent dans ces établissements de nombreuses pertes. Si l'aide médicale est dans ces cas trop souvent inopérante, l'étude des causes de ces accidents, en fonction du comportement des espèces qui en sont victimes, permet souvent de les éviter.

PSYCHOLOGIE ANIMALE

Le comportement des animaux vis-à-vis de l'espace dont ils disposent a une importance capitale pour l'organisation même des zoo, de même que les réactions provoquées par divers facteurs physiques du milieu — intensité et durée de l'éclairement, température, degré hygroscopique, etc.

Le comportement respectif d'animaux d'espèces différentes mis en présence les uns des autres (relations inter-spécifiques) autorisera ou interdira leur mise en contact sur un même terrain; de même que le comportement respectif d'animaux de même espèce (relations intra-spécifiques) réglera la composition des troupeaux ou des groupes, qui doit permettre, sous peine de combats souvent mortels, l'établissement d'une hiérarchie sociale conforme à celle que l'on observe à l'état libre.

Le comportement des animaux à l'égard des hommes, enfin, retiendra aussi l'attention et dirigera l'activité du personnel chargé de surveiller et de soigner les espèces captives.

Mais ces observations ont, en dehors de l'utilité pratique qu'elles présentent pour l'organisation même des parcs zoologiques, un intérêt beaucoup plus général et d'autant plus évident, qu'elles sont relatives à des espèces plus évoluées.

La voie tracée par Köhler et Yerkes, et suivie depuis par de nombreux chercheurs, doit permettre un jour, en partant des tropismes, qui représentent les réactions les plus élémentaires de la matière vivante, et en s'aidant du conditionnement des réflexes et du comportement, d'analyser les mécanismes de l'instinct et d'arriver peut-être enfin à la connaissance de l'intelligence, qui, considérée autrefois comme le propre de l'homme, ne saurait être refusée à bien des animaux.

BIBLIOGRAPHIE

[1] URBAIN, A. *Bull. Ass. franç. Sci.*, **62**, 191, 1933.
[2] *Idem. Bull. Soc. Sci. Hyg. aliment.*, **32**, 137, 1944.
[3] URBAIN, A. et RODE, P. «Les Singes anthropoïdes». Presses Universitaires de France. Paris. 1946.
[4] URBAIN, A. *Sciences*, **35**, 53, 1940.
[5] SCHOENICHEN, W. «Taschenbuch der in Deutschland geschützten Tiere». Berlin. 1938.
[6] JACOBI, A. «Das Renntier, eine zoologische Monographie der Gattung Rangifer». Leipzig. 1931.
[7] LEOPOLD, A. «Game Management». New York et Londres. 1939.
[8] HUBBACK, T. *J. Mammal.*, 20, 1939.
[9] GROTE, H. *Z. Jagdkde*, **5**, 7, 1943.
[10] RAYBAUD, L. *C.R. Soc. Biol., Paris*, **92**, 437, 1925. *Idem. Ibid.*, **94**, 665, 1926.
[11] URBAIN, A. et GUILLOT, G. *Rev. Zootech.*, 339, 1931.
[12] BOULEY. *Rec. Méd. vét.*, **2**, 849, 1865.
[13] LEBLANC, U. *Ibid.*, **2**, 945, 1865. *Idem. Bull. Soc. cent. Méd. vét.*, **1**, 6, 1866.
[14] URBAIN, A. *C.R. Soc. Biol., Paris*, **120**, 836, 1935.
[15] URBAIN, A. *Ann. Inst. Pasteur*, **61**, 705, 1938.
[16] RATCLIFFE, H. L. *Amer. Rev. Tuberc.*, **54**, 389, 1946.

Evolution des compteurs de particules

par H. GREINACHER

Depuis la découverte de la radioactivité on s'applique à trouver des moyens de reconnaître la qualité et la quantité des radiations naturelles et artificielles. Aujourd'hui que la protection contre les radio-éléments est à l'ordre du jour, il est plus que jamais nécessaire de s'assurer d'instruments de détection et de comptage aussi précis que possible. L'auteur passe en revue les compteurs de particules réalisés depuis le début du siècle, décrit leur fonctionnement et indique leurs mérites respectifs.

En 1903, Elster et Geitel en même temps que Crookes ont découvert que l'impact des particules α sur la blende (ZnS) produit des scintillations. Ce moyen très simple pour déceler et compter ces particules devait servir à Rutherford dans les fameuses expériences qui ont permis d'élaborer le modèle atomique Bohr-Rutherford. Mais cette méthode nécessitait des observations laborieuses, et ne laissait aucun enregistrement permanent.

COMPTEUR PROPORTIONNEL

La détection et le comptage des particules α par leur action ionisante, mis au point en 1908 par Rutherford et Geiger [1], constituent un progrès considérable. L'effet primaire, trop faible pour se prêter à une mesure directe avec les techniques contemporaines, était intensifié en utilisant l'ionisation par choc, qui multiplie le nombre d'ions formés par une seule particule. On voit sur la figure 1 un schéma de l'appareil. Dans l'axe d'un cylindre métallique *Z*, passe un fil de diamètre 0,5 mm, relié à une extrémité à un électromètre à quadrant *Q*, et à une résistance radioactive *R*. Il y a environ 1000 volts entre le fil et le cylindre, où l'on a réduit la pression à quelques centimètres de mercure. Lorsqu'une particule α traverse la mince fenêtre de mica *F*, une impulsion de courant passe, l'électromètre dévie, puis revient au repos rapidement, par suite de la décharge au travers de la résistance.

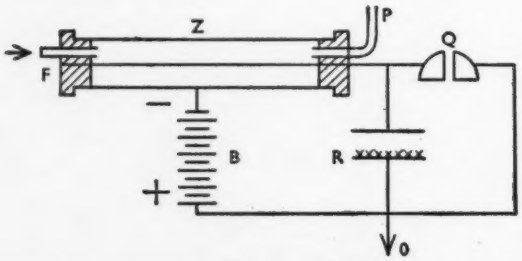


FIGURE 1 – *Compteur proportionnel.*

Voici ce qui se passe dans le tube: la particule α arrache des électrons aux molécules gazeuses. Ceux-ci se précipitent sur le fil et arrivent dans une région à champ particulièrement intense. Ils se heurtent aux molécules gazeuses, produisant d'autres électrons qui se comportent à leur tour de la même façon, et ainsi de suite. C'est une véritable avalanche d'électrons, et la charge initiale, devenue mille fois plus grande, est désormais mesurable. Le facteur multiplicatif augmente avec la tension appliquée, mais il ne faut pas trop s'approcher de la tension de décharge continue. Le processus de décharge dure environ 10^{-4} sec; les électrons se déchargent en 10^{-6} sec, mais les ions positifs formés simultanément mettent plus longtemps pour atteindre la paroi du tube. Primitivement c'était l'inertie de l'électromètre à quadrant qui limitait le nombre de particules enregistrables par minute: de 3 à 5. Or cette méthode est maintenant l'une des plus rapides, et permet de compter un million de particules par seconde. Un de ses avantages est que l'impulsion de courant est proportionnelle à l'ionisation primaire. On peut ainsi dénombrer les particules α sans être gêné par les particules β, dont le pouvoir ionisant est environ cent fois moindre.

COMPTEUR À POINTE

L'intérêt s'est d'abord porté vers ce modèle (figure 2), décrit par Geiger [2] en 1913, et maintenant presque complètement supplanté par le compteur Geiger-Müller. Un mince filament, pénétrant dans un petit cylindre métallique *Z*, est relié à un électromètre à corde rapide *E* et à une résistance *R* de 10^8 à 10^9 ohms. On applique au cylindre une tension de 1000 à 2000 volts, quelque peu inférieure au potentiel de décharge. Supposons qu'une particule traverse la fenêtre *O*, ouverte, ou fermée par une mince feuille d'aluminium: il y a une décharge momentanée à partir de la pointe, et on enregistre une pulsation sur

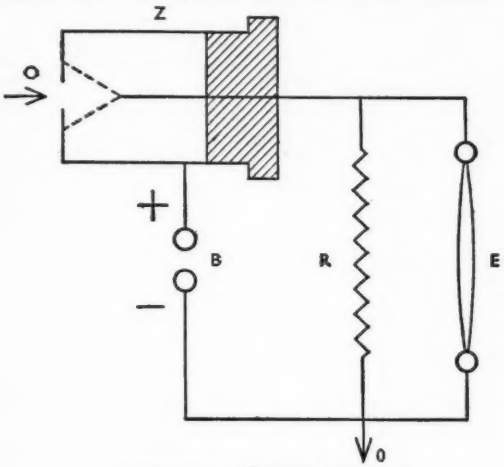


FIGURE 2 – *Compteur à pointe.*

l'électromètre. L'interruption immédiate de la décharge est due à un effet de charge spatiale. Il est facile à comprendre dans le cas où le cylindre est porté à un potentiel négatif. Comme dans le cas du compteur proportionnel, un nuage ionique positif lent suit la décharge rapide de l'avalanche électronique. Jusqu'à ce qu'il se soit complètement déchargé dans le manchon, il s'oppose au champ appliqué, qui est donc incapable de produire une autre décharge. A la différence du compteur proportionnel, l'instrument décèle et compte les particules α, β et γ. Pour démontrer son fonctionnement, il suffit de le remplir d'air et d'utiliser un filament dégazé. Pour faire des mesures, on remplace la pointe par une petite sphère (0,1 à 0,3 mm de diamètre) et on utilise bien des gaz différents. Le volume sensible, c'est-à-dire l'espace où sont comptées les particules, est borné par les lignes de tirets sur la figure 2. Si l'on accroît le potentiel appliqué au cylindre, l'amplitude des impulsions augmente, mais leur nombre par unité de temps reste presque constant. Il y a donc un «plateau» dont la pente est égale à l'accroissement de ce nombre pour une augmentation de 100 volts de la tension.

Un certain temps minimum doit s'écouler entre les arrivées de deux particules consécutives si on veut les enregistrer séparément. Il dépend de ce qui se passe dans le compteur, comme du circuit extérieur. Le comptage n'est évidemment complet que si la charge transférée s'est dissipée complètement à travers R.

Soit C la capacité totale du fil et de l'électromètre. La tension appliquée à l'électromètre décroît selon la formule $V = V_0 e^{-t/CR}$. Le potentiel tombe à une fraction $1/e$ de sa valeur au bout d'un temps $\tau = CR$. La constante de temps τ détermine donc la vitesse de dissipation de la charge, et donc le temps de résolution de l'instrument; ainsi, pour $C = 10$ pF, et $R = 10^9$ ohms, on a $\tau = 0{,}01$ sec. Cela ne signifie pas nécessairement que toutes les particules α issues d'un échantillon qui en émet 100 par seconde en moyenne seront comptées. L'émission de particules n'a rien de régulier, et il y en a toujours qui ne sont pas comptées, parce qu'elles arrivent trop près d'une autre. Toutefois, on peut déterminer mathématiquement la proportion qui échappe ainsi, si on connaît le pouvoir de résolution. La distribution statistique des particules incidentes ne permet d'en déterminer le nombre moyen par seconde que si on en a compté un nombre assez grand. L'incertitude relative est alors $\Delta z = z^{-\frac{1}{2}}$ pour un décompte total z. Il faut donc réduire la constante de temps autant que possible, pour pouvoir compter rapidement. L'impulsion de courant dans le compteur à pointe est environ 10^8 fois l'impulsion primaire. On peut donc actionner un système de comptage mécanique avec une amplification modérée par lampe.

COMPTEUR À ÉLECTROMÈTRE

Certaines sources radioactives puissantes libèrent une charge si élevée qu'elle impressionne un électromètre précis; ainsi, une seule particule α du polonium produit environ 200 000 paires d'ions. Kohlrausch et Schweidler ont observé en 1912 la décharge d'un voltmètre à corde sous l'effet des particules α et la même année, Hoffmann [3] a sorti son électromètre Duant, qui permettait réellement de mesurer la charge produite par les particules α et les protons. La méthode ne s'est cependant pas généralisée: l'appareillage est compliqué et coûteux, et ne peut enregistrer que quelques particules à la minute à cause de son inertie.

LA CHAMBRE D'IONISATION COMME COMPTEUR

Pendant ce temps, on reprenait l'étude de l'ionisation primaire dans une autre direction. En travaillant avec des circuits à lampes, combinés à un compteur à pointe [4], l'auteur du présent article a pensé qu'on pouvait éviter la décharge de la pointe, et amplifier l'ionisation primaire des particules α suffisamment pour pouvoir l'enregistrer directement. On a effectivement pu obtenir des crépitements dans un haut-parleur avec un amplificateur à quatre lampes [5]. On

voit sur la figure 3 le schéma de ce compteur où une petite chambre d'ionisation est associée à une lampe amplificatrice dont la grille est particulièrement bien isolée (lampe électromètre). Si une particule α traverse *O*, l'électrode, et donc la grille, reçoivent une petite charge; celle-ci change le courant anodique. Puis l'impulsion est amplifiée par un amplificateur linéaire, et peut ainsi agir sur un circuit enregistreur. Il faut une amplification bien plus grande qu'avec les compteurs à pointe; elle doit s'approcher de 10^6. Mais on a un compteur plus sensible, dans les mêmes proportions, aux perturbations, qu'il faut protéger spécialement des vibrations et du bruit. Il y a toujours un certain fond, dû aux variations statistiques du courant de grille. Le temps de résolution est très faible, car les ions se déchargent rapidement dans le champ élevé (10 000 volts/cm). C'est encore la constante de temps *CR* qui le détermine, mais on peut la rendre très petite.

Ces compteurs permettent d'enregistrer simultanément particules α et protons, sans interférence de la part des particules β et γ. On voit sur la figure 10 les premières photographies de ces particules [5], obtenues avec un oscilloscope. Divers laboratoires ont vite adopté cette nouvelle méthode, et Rutherford et son équipe ont fait plusieurs publications à son sujet; ils appellent l'appareillage compteur à valve, ou chambre à comptage.

C'est devenu un outil indispensable dans les recherches nucléaires. Elle permet de détecter, non seulement les particules α et protons, mais aussi les neutrons, qui ne produisent pas eux-mêmes d'ionisation. Si on remplit la chambre avec le trifluorure de bore gazeux, il y a formation de l'isotope ^{10}B par collision avec les neutrons; ce processus s'accompagne de l'émission d'une particule α enregistrée par le compteur. Pour mettre en évidence les neutrons rapides, on introduit dans la chambre un composé hydrogéné, tel que le polythène; ces composés éjectent des protons par recul. La fabrication de compteurs à grande capacité ne pose plus de problème, et on peut les acheter tout prêts.

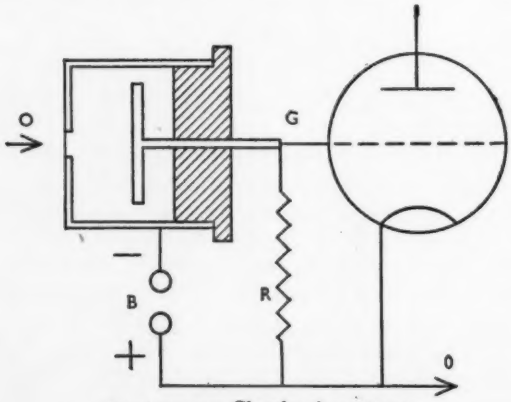


FIGURE 3 – *Chambre à comptage.*

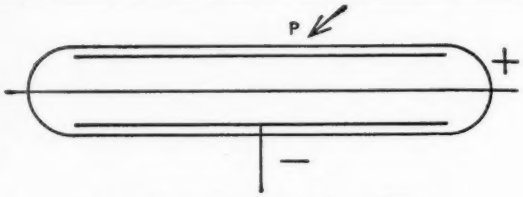


FIGURE 4 – *Compteur Geiger-Müller.*

COMPTEUR GEIGER-MÜLLER

Jusqu'en 1928, il fallait utiliser un compteur à pointe pour les rayons β et γ. Cette année-là, Geiger et Müller [6] ont révélé la mise au point d'un compteur immensément supérieur; le schéma (figure 4) est celui d'un compteur à multiplication, mais le fil métallique est très fin, et le cylindre métallique est scellé dans une enveloppe de verre. Le mécanisme est analogue à celui du compteur à pointe; au lieu d'une décharge de pointe, on a un effluve. La particule peut se présenter n'importe où, car le volume sensible occupe pratiquement tout le tube. Geiger et Müller pensaient qu'il fallait recouvrir le fil d'une mince couche d'isolant, mais Kniepkamp a montré que le comptage était possible même avec un fil nu. C'est d'ordinaire un fil fin de tungstène, dégazé et purifié par cuisson. Pour rendre le chauffage plus commode, on supprime la cathode intérieure métallique, remplacée, suivant une idée de Maze, par un revêtement conducteur sur l'enveloppe de verre. On remplit le tube avec de l'argon commercial, donc pas absolument pur, sous environ 80 cm de mercure. La tension négative appliquée au tube est voisine de 1000 volts.

L'effluve se forme toujours sur toute la longueur du fil, et l'amplitude des impulsions est constante, qu'il s'agisse de particules α très ionisantes, ou de mésons très peu ionisants. On peut observer des impulsions plus élevées — jusqu'à 50% plus fortes — dans le cas exceptionnel de particules α entrant dans le tube à angle droit (Huber et Baldinger, 1947).

Une nouvelle étape dans le développement du compteur Geiger-Müller est franchie lorsque Trost [7] remarque qu'en ajoutant à l'argon des gaz à molécule au moins tétra-atomique, le compteur

devient capable de «se couper lui-même». Le compteur habituel nécessite l'utilisation d'une résistance de fuite élevée, pour que le potentiel demeure encore au-dessous du potentiel de décharge, même après la décharge des ions positifs — c'est-à-dire la disparition de la charge spatiale. La résistance d'étouffement est inutile dans le modèle à coupure automatique: le processus de décharge s'interrompt subitement après la décharge de l'avalanche d'électrons, c'est-à-dire après 10^{-6} sec. Ces compteurs sont dits «rapides»; cependant, l'ensemble du mécanisme électrique y-compris le déplacement des ions positifs, n'est nullement plus rapide que d'habitude, mais on peut réduire la constante de temps de ces compteurs au moyen d'une résistance plus faible, et accroître ainsi la vitesse d'enregistrement. Des circuits électroniques spéciaux permettent d'arriver au même résultat avec les compteurs ordinaires.

Il faut distinguer deux phases dans le comptage: le temps mort, où il n'y a pas d'enregistrement d'une deuxième particule, et la période de récupération, qui débute par l'enregistrement sous faible intensité, et se termine sous l'intensité maxima. Ces deux phases durent environ 10^{-4} sec. Comme l'a montré Greiner pour la première fois, l'effet photoélectrique joue un rôle déterminant dans le mécanisme de décharge. Dans un compteur à l'argon, le gaz lui-même émet, sous l'effet de l'avalanche d'électrons, un rayonnement ultra-violet qui arrache des photo-électrons des parois. De cette façon, les avalanches d'électrons débutent partout autour du fil, jusqu'à ce que l'entoure une gaine positive, capable de jouer le rôle d'écran. La décharge s'éteint, les ions gagnent les parois du tube, dont ils détachent des électrons, en y perdant leur énergie propre. Ces électrons induisent une seconde décharge, si à ce moment-là la charge transférée s'est déjà dissipée à travers la résistance *R*. On provoque ainsi une décharge disruptive permanente; pour l'éteindre, il faut une résistance assez élevée. Mais si on ajoute à l'argon de la vapeur d'alcool, le rayonnement ultra-violet y est absorbé après un trajet de quelques millimètres, même au cours de la première avalanche d'électrons. Il n'atteint pas les parois du tube, et éjecte les électrons des molécules de vapeur situées au voisinage immédiat de l'avalanche, car celle-ci s'ionise plus facilement que l'argon. La décharge s'étend donc le long du fil (à la vitesse de 10^6 à 10^7 cm/sec) et les ions positifs gagnent les parois; mais ce sont presque entièrement des molécules de vapeur ionisées. Elles ne peuvent arracher des électrons aux parois, la décharge s'interrompt, même si la tension suffit effectivement. Plutôt, elles se décomposent, ce qui limite la durée de vie de ces tubes; on peut cependant compter 10^8 impulsions, et plus, sans ennui. D'après Fünfer et Neuert, on réalise une bonne extinction en remplissant un compteur avec une vapeur pure, comme le méthylal $CH_2(OCH_3)_2$.

Si la tension appliquée est inférieure au «seuil Geiger-Müller», le compteur se comporte comme un compteur proportionnel, sans formation de gaine ionique, ni libération d'électrons à partir des parois du tube, à l'arrivée des ions positifs.

On trouve dans le commerce des compteurs, de forme et dimensions variables, certains ayant moins de 1 cm de long, et 2 à 3 mm de diamètre. L'appareillage de mesure complet est courant, qu'il s'agisse d'un appareil de laboratoire impressionnant ou d'un équipement compact, destiné au contrôle ou à la prospection minière. On voit sur la figure 7 un instrument portatif de ce dernier type. Le compteur est solidement assujetti à la poignée, et peut compter des rayons γ seulement, ou simultanément des rayons β et γ, suivant la position d'un diaphragme rotatif. A côté se trouve un compteur pour particules α, qui fonctionne si on enlève la bonnette. On peut compter jusqu'à 100 000 coups à la minute.

ÉQUIPEMENT POUR COMPTAGE

Les circuits du compteur G.M. sont du domaine de l'électronique. On n'en parlera que brièvement. Il y a en général un circuit de couplage, qui a une action d'extinction sur les compteurs «lents»; puis viennent un amplificateur, et finalement l'enregistreur. Les compteurs mécaniques ne peuvent en général compter plus de 500 coups à la seconde. L'emploi de démultiplicateurs permet des vitesses de comptage bien supérieures, avec un temps de résolution de 10^{-6} sec. Dans ces systèmes le circuit est tel qu'on n'enregistre qu'une impulsion sur deux (démultiplicateur 2 : 1). Si cette impulsion actionne un second circuit analogue, on n'enregistre plus qu'une impulsion sur quatre. Avec *n* démultiplicateurs en série, on ne compte qu'une particule sur 2^n. A chaque étape une lampe au néon indique la réponse du circuit. Par exemple, si les lampes des circuits 0, 3, 4, 7 et 8 sont allumées, le nombre correspondant d'impulsions est $1 + 8 + 16 + 128 + 256 = 409$. On a aussi fabriqué des circuits fonctionnant avec démultiplicateur de rapport 10 : 1.

Pour déterminer le nombre de particules par seconde, il faut mesurer les temps; on utilise pour

cela un «débitmètre» (figure 7). On dispose un condensateur à grande capacité dans le circuit enregistreur, relié aux bornes d'un instrument de mesure du courant. Celui-ci indique le courant électrique transporté par le signal de sortie.

Pour ne compter que les impulsions d'amplitude supérieures à une valeur donnée, on emploie un discriminateur. C'est, en principe, une lampe, dont la grille est si négative que seuls des signaux positifs d'une grandeur déterminée peuvent traverser la barrière. Avec un certain nombre de ces discriminateurs, qui comptent soit des impulsions de grandeurs différentes, soit des intervalles de pulsations différents — par exemple, en sélectionnant les impulsions d'après leur valeur — on peut déterminer la répartition des impulsions (spectromètre d'impulsions).

Souvent, en physique nucléaire, il faut savoir si deux événements ou plus sont simultanés. On utilise alors des circuits de «coïncidence», dont le premier type est dû à Bothe. Celui de Rossi est aujourd'hui plus répandu. A l'aide de coïncidences retardées, on peut mettre en évidence des intervalles de temps de 10^{-9} sec entre deux événements. Si on inclut alors un étage de renversement d'impulsions, on obtient un circuit d'«anticoïncidence», qui fonctionne quand deux événements arrivent indépendamment l'un de l'autre.

COMPTEUR À ÉTINCELLE

Le premier type, décrit par l'auteur de cet article en 1934 [8], était hydraulique. Celui que représente la figure 5 peut servir à une expérience de démonstration. Un jet d'eau épais d'environ 1 mm, et continu sur environ 20 cm, sort par la tuyère *D*. A environ 1 mm est fixée une baguette de fer *F*. On lui applique une tension positive voisine de 2500 volts, et il n'y a pas de décharge étincelle spontanée. *R* vaut environ 10^8 à 10^9 ohms, et *C* environ 100 pF. Les rayons α, β, ou γ provoquent une étincelle, le potentiel de *F* et simultanément, l'attraction sur le filet d'eau diminuent. Celui-ci dévie brusquement, ce qui produit un bruit d'explosion dans la boîte d'étain B. Un instrument destiné à enregistrer les mouvements du point *A* du filet d'eau fournirait des photographies analogues à celles de la figure 11. Les étincelles sont dues au rayonnement ultraviolet, α, β ou γ; pour cela, les électrons détachés photoélectriquement de l'eau suffisent. Le compteur hydraulique à étincelle constitue une méthode très générale de mesure de l'effet photoélectrique élémentaire sur la surface d'un liquide pur.

Dans le compteur à étincelle habituel [9], il y a

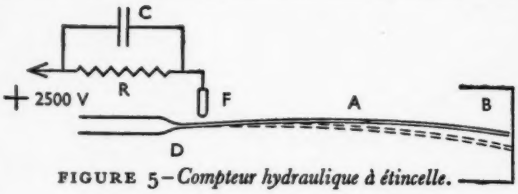


FIGURE 5 – *Compteur hydraulique à étincelle.*

deux électrodes métalliques, à environ 1 mm de distance. Elles peuvent avoir les formes les plus variées. La figure 6 représente un système à deux sphères. Les impulsions de courant sont si intenses qu'on peut les recevoir directement sur un galvanomètre, un tube au néon ou un haut-parleur. D'habitude, il n'y a pas d'indicateur dans le circuit: on photographie l'étincelle (figure 8), ou on recueille les ondes émises sur un récepteur de radio. Si la distance entre électrodes est supérieure, l'étincelle produit des crépitements audibles.

Remarquons qu'au-dessous de la tension nécessaire pour compter les particules β et γ, il y a un domaine dont l'étendue est de 100 à 200 volts, où l'on ne compte que les particules α. Dans le domaine supérieur, toutes les particules produisent des impulsions égales, quelle que soit l'ionisation primaire. Ceci indique qu'un même mécanisme agit dans tous les cas: ionisation par choc due aux électrons primaires, et arrachement des électrons de la cathode par le rayonnement ultra-violet résultant des chocs, et par émission secondaire sous l'impact des ions positifs. Certains problèmes restent encore à résoudre. On peut observer des étincelles sans irradiation. Il suffit ainsi d'approcher un morceau de camphre d'un éclateur, sous la tension convenable, pour observer la décharge; elle cesse quand on éloigne le camphre.

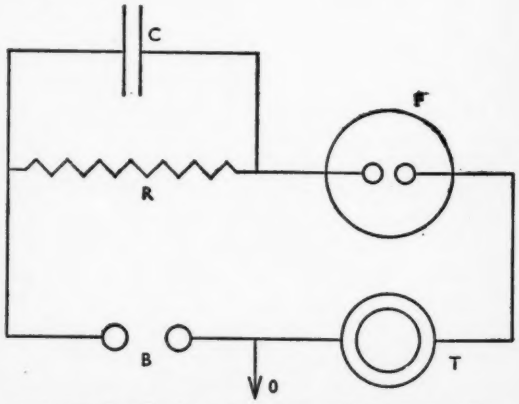


FIGURE 6 – *Compteur à étincelle utilisant deux sphères.*

FIGURE 7 – *Compteur Geiger-Müller (débitmètre).*

FIGURE 8 – *Série d'étincelles; série inférieure agrandie.*

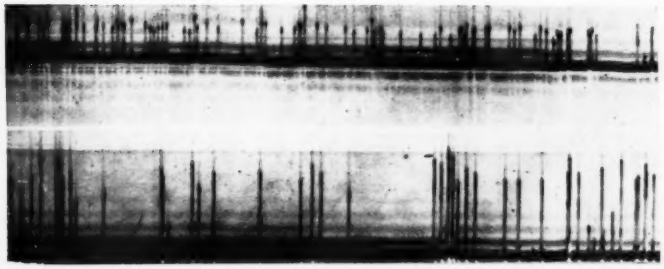


FIGURE 10 – *Le premier enregistrement obtenu avec la chambre à comptage. Au-dessus: protons. Au-dessous: particules* α.

FIGURE 9 – *Compteur à scintillations; cristal, multiplicateur et amplificateur. Au-dessus: amplificateur; au-dessous: multiplicateur et cristal.*

NOTE. Nous devons les figures 7 et 9 à l'obligeance des Sociétés Tracerlab, Boston (U.S.A.) et Ekco Electronics Ltd, Southend-on-Sea (Grande-Bretagne).

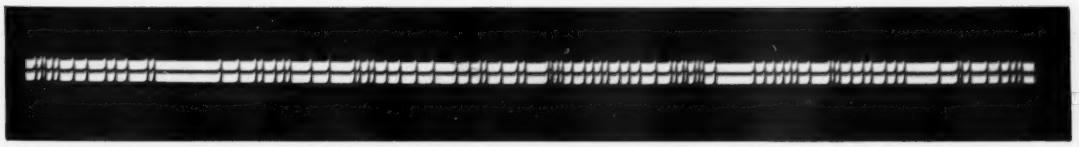


FIGURE 11 – *Enregistrement obtenu avec un compteur hydraulique à étincelle.*

La durée d'une étincelle est très faible, seulement 10^{-9} sec. On a perfectionné l'instrument en le transformant en compteur à plaque [10]. Une distance de 1 à 2 mm sépare deux plaques métalliques dans un récipient en verre, rempli d'un mélange argon-alcool sous environ une demi-atmosphère, comme dans le cas du compteur de Geiger-Müller. On observe un plateau, qui n'existe pas avec l'éclateur normal. Le volume sensible, qui recouvre tout l'espace intermédiaire, est aussi beaucoup plus grand.

Chang et Rosenblum [11] utilisent le compteur à étincelle d'une façon intéressante. Un mince fil métallique s'allonge parallèlement à une plaque métallique, à environ 1 à 2 mm. On lui applique une tension positive de 3000 à 5000 volts, qui suffit à produire une décharge continue par effluve, correspondant à un courant d'environ 1 milliampère. Le passage d'une particule α au voisinage du fil produit une étincelle, visible et audible directement. On a agrandi le volume avec de nombreux fils parallèles disposés en «guitare» ou «harpe». Le compteur à étincelle par effluve, insensible aux rayons β ou γ, est le seul instrument de ce type fonctionnant avec un courant continu.

MULTIPLICATEUR D'ÉLECTRONS

Tous les compteurs décrits sont fondés sur l'ionisation d'un gaz. Il n'en est pas de même avec certaines méthodes plus modernes qui utilisent des multiplicateurs d'électrons. On en comprendra l'essentiel sur la figure 12. On a scellé dans une enceinte de verre sous vide un certain nombre d'électrodes métalliques. Il y a environ 1000 volts ou plus de différence de potentiel entre la première et la dernière, et ce potentiel est réparti de façon à ce qu'il y ait toujours la même différence, entre deux électrodes consécutives. L'électrode 1 porte un revêtement

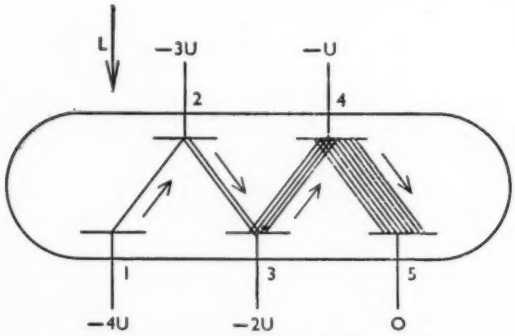


FIGURE 12 – *Principe du multiplicateur d'électrons.*

photoélectrique, tel que l'oxyde de césium. La lumière incidente arrache des électrons qui gagnent avec un mouvement accéléré l'électrode 2, où ils arrachent des électrons secondaires, qui à leur tour se dirigent vers 3, et là encore, se multiplient par émission secondaire. Il y a donc multiplication progressive. S'il y a un facteur 3 par électrode, et 13 électrodes, le facteur total est 3^{12}.

Le principe en avait déjà été publié en 1923 par Slepian, mais il a fallu attendre 1936 pour que Zworykin [12] en fasse un instrument utilisable techniquement par une bonne focalisation du faisceau électronique. Le multiplicateur, destiné d'abord à la télévision, est ainsi devenu utilisable en physique nucléaire [13].

Leur temps de résolution élevé (10^{-8} sec) dépasse celui du compteur de Geiger-Müller, parce qu'on travaille dans le vide.

COMPTEURS À SCINTILLATION

En 1947, Kallmann a montré [14] que les scintillations produites dans la blende par les particules α sont enregistrables avec un photomultiplicateur. On constitue alors un compteur au moyen d'un multiplicateur, muni d'un cristal devant sa plaque d'entrée. On peut compter même les scintillations à peine visibles dues aux rayons β et γ. Le cristal utilisé doit pouvoir émettre une scintillation intense qui s'annule rapidement; dans les compteurs à scintillations commerciaux, on utilise un cristal d'iodure de sodium activé au thallium. On a ainsi un instrument considérablement plus efficace que le compteur de Geiger-Müller. L'anthracène convient également, la scintillation disparaissant rapidement; le stilbène est encore meilleur (10^{-8} sec et moins.) On emploie aussi des liquides.

Il faut tenir ces compteurs à l'abri de la lumière, et même ainsi, il reste un fond de signaux naturels dû principalement à l'émission thermique de la photocathode. On la réduit en refroidissant le compteur, ou mieux, en utilisant des métaux pour lesquels le travail de sortie est élevé (nickel recouvert d'une mince couche de glucinium).

On pallie la non-homogénéité des impulsions par un discriminateur, qui élimine les petites impulsions. A cause de son pouvoir de résolution élevé, (jusqu'à 10^{-9} sec), ce compteur joue un rôle important dans l'analyse temporelle des phénomènes nucléaires. Les multiplicateurs à lentilles électrostatiques craignent les perturbations magnétiques, et par suite, il est souvent désirable de séparer multiplicateur et cristal. On réalise ceci très simplement en interposant une baguette

transparente (par exemple en Perspex) qui transporte la lumière par réflexion totale. On peut mettre la partie compteur dans une chappe ou un collimateur de plomb, avec un canal d'ouverture. On trouve maintenant des modèles compacts analogues, utilisables en biologie ou en médecine. Ils sont munis en plus d'un amplificateur, que l'on peut connecter directement à un démultiplicateur (figure 9).

COMPTEUR À CRISTAL

La conductibilité de nombreux cristaux augmente lorsque des particules les atteignent. Si un de ces cristaux se trouve entre deux feuilles métalliques soumises à une différence de potentiel, les rayons α, β ou γ produisent des impulsions, enregistrables même avec faible amplification. Van Heerden [15], qui a étudié ce phénomène, connu depuis 1941, utilise un cristal de chlorure d'argent pour réaliser un compteur. Ces modèles n'ont pas suscité autant d'intérêt, bien que leur pouvoir de résolution soit tout aussi bon. Les cristaux ne manquent pas — diamant, sulfure de cadmium, bromure de thallium, germanium — mais leur utilisation est compliquée. Souvent, par exemple dans le cas du chlorure d'argent, il faut d'abord rendre le cristal isolant par refroidissement. L'efficacité du comptage est variable, même pour des modèles identiques, et même d'un point à l'autre d'un même cristal. Par suite les impulsions ne sont pas homogènes. Ceci tient à l'effet des défauts du réseau cristallin distribués irrégulièrement, sur la conductibilité électrique. Enfin, il y a des effets de polarisation qui interfèrent.

COMPTEUR À LIQUIDE

On retrouve ces effets de conductibilité chez les liquides, mais les observations sont encore très rares. Davidson et Larsh [16] ont publié en 1948 une méthode pour compter les particules avec l'argon liquide. Ces compteurs n'ont pas encore d'intérêt pratique.

BIBLIOGRAPHIE

[1] RUTHERFORD, E. et GEIGER, H. *Proc. roy. Soc.*, A. **81**, 141, 1908.
Idem. Phys. Z., **10**, 1, 1909.

[2] GEIGER, H. *Verh. dtsch. phys. Ges.*, **15**, 534, 1913.
Idem. Phys. Z., **14**, 1129, 1913.

[3] HOFFMANN, G. *Phys. Z.*, **13**, 481, 1029, 1912.
HOFFMANN, G. et POSE, H. *Z. Phys.*, **56**, 405, 1929.

[4] GREINACHER, H. *Ibid.*, **23**, 361, 1924.

[5] *Idem. Ibid.*, **36**, 364, 1926; **44**, 319, 1927.

[6] GEIGER, H. et MÜLLER, W. *Phys. Z.*, **29**, 839, 1928; **30**, 489, 1929.

[7] TROST, A. *Z. Phys.*, **105**, 399, 1937; Comm. Prélim., **36**, 801, 1935.

[8] GREINACHER, H. *Helv. phys. acta*, **7**, 360, 514, 1934.

[9] *Idem. Ibid.*, **9**, 590, 1936.
Idem. Z. tech. Phys., **16**, 65, 1935.

[10] MADANSKY, L. et PIDD, R. W. *Phys. Rev.*, **73**, 1215, 1948.
KEUFFEL, J. W. *Ibid.*, **73**, 531, 1948.

[11] CHANG, W. Y. et ROSENBLUM, S. *Ibid.*, **67**, 222, 1945.

[12] ZWORYKIN, V. K. *Proc. Inst. Radio Engrs, N.Y.*, **24**, 351, 1936.

[13] BAY, Z. *Nature, Lond.*, **141**, 284, 1011, 1938.

[14] KALLMANN, H. *Natur u. Tech., Berl.*, Juillet 1947.
BROSER, J. et KALLMANN, H. *Z. Naturf.*, **2a**, 439, 1947.

[15] VAN HEERDEN, P. J. Thèse, Utrecht. 1945.

[16] DAVIDSON, N. et LARSH, A. E. *Phys. Rev.*, **74**, 220, 1948.

Toxines et maladies des plantes

par E. GÄUMANN

Le rôle des toxines que déversent les parasites dans les tissus de leurs hôtes est mieux connu en médecine humaine qu'en pathologie végétale. Cependant tout progrès dans l'un ou l'autre de ces domaines peut être d'un commun avantage. On note par exemple l'analogie entre certaines tumeurs végétales et le cancer. L'auteur signale les travaux qui ont mis en évidence le mode d'action et la nature chimique de certaines toxines sécrétées par des bactéries ou des champignons, et qui provoquent de graves maladies chez les plantes attaquées: tabac, tomates, arbres fruitiers, etc.

Les micro-organismes ne sont pathogènes que s'ils produisent des toxines; en d'autres termes, les agents de maladies ne peuvent nuire à leurs hôtes que s'ils forment des toxines, poisons microbiens qui pénètrent dans les tissus de l'hôte. Ce principe s'applique de façon absolue en Médecine humaine et vétérinaire aussi bien qu'en pathologie végétale. L'action physique du parasite sur l'hôte est l'une des plus importantes questions de pathogénèse animale ou végétale. Quels sont la nature chimique et le mode d'action des substances sécrétées par l'organisme infestant dans l'hôte, provoquant la maladie de celui-ci?

Ces questions sont bien connues en pathologie animale, mais il est loin d'en être de même en pathologie végétale. Le problème de la genèse des maladies végétales est encore nouveau. Jusqu'à présent, on n'a étudié que les agents de maladies qui tuent les tissus de l'hôte. Le cas des agents infestants qui ne nuisent pas à leurs hôtes d'une façon aussi brutale, mais qui changent seulement l'allure normale de leur vie et dérèglent leur croissance, n'a pas été étudié bien qu'il soit le plus intéressant du point de vue biologique.

Les tumeurs (galles en couronne) qui sont produites chez de nombreuses plantes par *Bacterium tumefaciens* (figure 10) sont un exemple de ce type. On sait que la formation de ces galles se fait en deux étapes: la première modifiante et la seconde de croissance néoplasmique. Durant la phase modifiante, les cellules de l'hôte attaquées par l'agent irritant, perdent leurs attaches internes et peuvent se transformer en cellules tumorales, mais ne sont pas indépendamment capables de se multiplier en qualité de cellules tumorales déjà spécialisées; ce mécanisme ne se produit que dans un deuxième stade où le taux de substance de croissance s'accroît dans les cellules. Le surcroît de substance de croissance n'est pas fourni par le parasite, mais celui-ci en provoque la production par l'hôte.

C'est ainsi que deux toxines au moins doivent agir pendant la formation des tumeurs de *B. tumefaciens*: une toxine modifiante qui provoque la transformation des cellules végétatives pleinement développées en cellules à potentialité tumorale, et une toxine provoquant la croissance qui entraîne une production anormale par l'hôte de substance de croissance et donc une croissance néoplasmique. La toxine modifiante, d'un intérêt biologique exceptionnel est assez comparable, *mutatis mutandis*, aux substances cancérigènes en médecine humaine.

Les deux toxines, ou les deux groupes de toxines, ont jusqu'ici échappé aux recherches. Les processus de modification cellulaire sont biologiquement si subtils qu'il n'a pas encore été possible de les révéler par un test simple, comme on le fait habituellement lors de l'isolement chimique d'une substance. Vu les difficultés techniques, les botanistes n'ont encore obtenu de résultats que pour les parasites qui provoquent chez l'hôte plus ou moins d'effets mortels, telle la nécrose. On a ainsi deux catégories de parasites ayant soit (*a*) une action limitée, (*b*) une action étendue.

PARASITES À ACTION LIMITÉE

Dans ce premier groupe de parasites, les toxines agissent directement sur les tissus entourant le foyer d'infection. Non seulement le parasite mais aussi la toxine et les dommages causés sont localisés; le lieu de la maladie coïncide avec le lieu d'infection.

En Médecine ce type de maladie est rare. Un exemple est donné par *Clostridium histolyticum*, un parasite des plaies, qui provoque la nécrose à son point d'attaque et réduit les tissus au squelette. Mais en Botanique, de nombreuses maladies sont de ce type, surtout celles des feuilles, dont nous décrirons deux exemples: le «feu sauvage» (*wildfire*) du tabac et la maladie des taches brunes des pommes de terre.

Le feu sauvage du tabac est dû à une bactérie, *Pseudomonas tabaci*; la maladie apparaît soudainement et s'étend rapidement à toute la récolte. Dans certains cas celle-ci est totalement détruite. Par temps pluvieux, la bactérie pénètre par les fissures à l'intérieur des feuilles. Au bout de quelques jours, le foyer d'infection, nécrosé et brun, est entouré d'une aréole chlorotique, d'un vert brillant, de 1 à 2 cm de large (figure 11), dans laquelle la chlorophylle est sérieusement endommagée. Cette aréole est dépourvue de bactéries, elle est provoquée par des traces d'une substance appelée tabtoxinine sécrétée par le parasite dans le foyer d'infection d'où elle diffuse dans les tissus environnants. Chimiquement, la tabtoxinine est un acide α aminé, un acide diaminohydroxipimélique de formule $C_7H_{14}O_5N_2$ [1]; des produits très voisins sont sécrétés par les bactéries de la tuberculose et de la diphtérie. La tabtoxinine est extraordinairement toxique pour les tissus des feuilles de tabac, 0,05 μg sont suffisants pour produire une nécrose entourée d'une aréole chlorotique (figure 11).

Pour élucider le mode d'action de cette toxine, Braun [2] utilise un test organique: l'algue verte unicellulaire *Chlorella vulgaris*. La vitesse de croissance des cultures de *Chlorella* est réduite par la toxine de *Pseudomonas*. Si à de telles cultures retardées, on ajoute un extrait de foie, la tabtoxinine n'est pas inactivée, mais son effet retardateur est supprimé. L'extrait de foie contient donc un facteur essentiel aux *Chlorella*, et dont la tabtoxinine les prive.

On a finalement reconnu que le facteur qui supprime l'action toxique des bactéries du feu sauvage est la *l*-méthionine. Une très importante partie de l'action de la tabtoxinine consiste à empêcher les *Chlorella* d'utiliser la *l*-méthionine qu'elles ont elles-mêmes synthétisée. Cette explication est étayée par le fait qu'un antagoniste synthétique de la méthionine, la méthionine-sulphoximine provoque dans les feuilles de tabac les mêmes symptômes que la toxine de *Pseudomonas*.

La tabtoxinine, non-spécifique vis-à-vis des hôtes qui lui sont sensibles (elle affecte de nombreuses plantes) est aussi non-spécifique vis-à-vis des tissus qu'elle attaque; elle endommage les différents tissus du plant de tabac. Mais elle est hautement spécifique du point de vue de son mode d'attaque dans les cellules de l'hôte, car elle bloque un stade bien défini de la chaîne métabolique.

Les taches brunes des feuilles de nombreuses Solanées comme la pomme de terre et le tabac (figure 1) sont provoquées par le champignon *Alternaria solani* (figure 9). Les tissus de l'hôte réagissent à la diffusion à travers eux-mêmes des produits du métabolisme de ce champignon, en formant une barrière de tissus de couleur sombre et subérifiés. Si les circonstances favorisent le champignon, la barrière sera percée de nouveau et enfin toute une série de barrières concentriques de tissus subérifiés se formera (figure 8). L'étiologie de cette maladie est beaucoup plus compliquée que celle du feu sauvage, comme le montrent les figures 8 et 11. Dans le feu sauvage, il s'agit d'un simple empoisonnement des tissus, tandis que dans les taches brunes, il y a une interférence compliquée et obscure d'actions et de réactions. Puisque l'hôte est le même dans les deux cas, les différentes réactions doivent être déterminées par des différences dans la nature du parasite.

Alternaria solani sécrète plusieurs toxines, dont deux ont été isolées jusqu'à présent: l'acide alternarique [3] et l'alternarine [4]. Toutes deux sont des substances non-azotées dont la constitution chimique est encore inconnue. La formule de l'acide alternarique est $C_{21}H_{30}O_8$ et son poids moléculaire est 410.

La nature de l'action de ces deux toxines sur l'hôte et de leur interaction dans l'hôte n'est pas connue. Elles sont encore moins spécifiques que la tabtoxinine du point de vue du mode d'action: tandis que la première attaque en un point de la chaîne métabolique, l'acide alternarique par exemple est capable de modifier plusieurs processus métaboliques de l'hôte et entrave le travail osmotique de ses cellules. Conséquence de cette plus faible spécificité: l'acide alternarique est moins toxique que la tabtoxinine; néanmoins il produit un effet fatal à la dose de 220 μg par kg de poids vivant de l'hôte [5].

Ces deux maladies des feuilles ne provoquent que des nécroses locales de l'hôte et contrairement à *Clostridium histolyticum* ne conduisent à aucune histolyse telle que celle qui se produit dans certaines maladies végétales, par exemple dans certaines infections des arbres. Les figures 6 et 7 montrent deux échantillons de bois du tronc d'un chêne souffrant de mycose. L'agent pathogène, *Stereum frustulosum* a pénétré à l'intérieur du tronc à travers des blessures et a dissous la pectine et la lignine des tissus ligneux, laissant la cellulose intacte. Les parties blanches de la figure 6 et les fibres blanches de la figure 7 sont donc, non pas des filaments de champignons mais des fibres du bois isolées de leurs voisines par les enzymes du

FIGURE 1 – *Tache brune de la feuille de pomme de terre, provoquée par le champignon* Alternaria solani. (*D'après R. Maag.*) (× ½)

FIGURE 2 – *Flétrissure de la tomate sous l'influence de la lycomarasmine. Les feuilles sont desséchées, mais les pétioles et les tiges sont toujours turgescents.* (× ⅓)

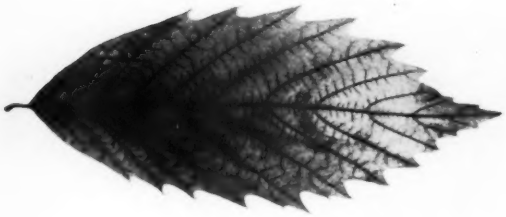


FIGURE 3 – *Nécrose des vaisseaux conducteurs des feuilles du châtaignier espagnol* (Castanea sativa) *due à la diaporthine, produite par* Endothia parasitica. (× ⅓)

FIGURE 4 – *Effets de la lycomarasmine sur les feuilles de tomate; nécroses des régions situées entre les nervures, lesquelles sont intactes* [14]. (× ¾)

FIGURE 5 – *Principaux symptômes de la flétrissure causée par la patuline: les tiges et les pétioles des plants de tomate perdent leur turgescence, tandis que les limbes foliaires restent intacts.* (× ¼)

FIGURE 6 – *Stade précoce de l'infection du tronc d'un chêne, par le champignon* Stereum frustulosum. *Des cavités caractéristiques sont formées dans le tissu ligneux.*

FIGURE 7 – *Stade ultérieur de l'infection du tronc d'un chêne par* Stereum frustulosum. *L'hystolyse a provoqué une complète défibrination du tissu ligneux.*

FIGURE 8 – *Détail d'une tache brune sur une feuille de pomme de terre, due à* Alternaria solani. *Le foyer d'infection est entouré de zones concentriques subérifiées anti-toxiques. (D'après R. Maag.)* (× 10)

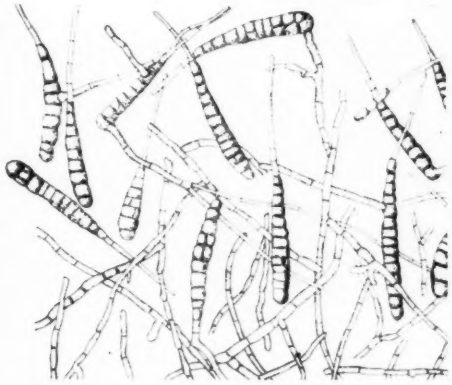


FIGURE 9 – *Conidies d'*Alternaria solani, *qui provoque les taches brunes des feuilles de tabac et de pomme de terre* [4]. (× 160)

FIGURE 10 – *Tumeur avec formation de racines sur une tige d'*Impatiens balsamina, *produite par* Bacterium tumefaciens [13]. (× $\frac{1}{2}$)

FIGURE 11 – *Chlorose produite par des traces de tabtoxinine sur une feuille de tabac. (D'après A. C. Braun.)* (× $\frac{1}{5}$)

parasite, de sorte que la cellulose blanche est révélée comme dans les poils de coton purifié. Le parasite produit alors dans les tissus ligneux d'abord les cavités caractéristiques de la figure 6 et finalement la décomposition générale du tissu montrée par la figure 7.

PARASITES À ACTION ÉTENDUE

Le tétanos est, en Médecine l'exemple type du deuxième groupe: la bactérie pathogène anaérobie se développe dans une blessure périphérique et sa toxine pénètre dans les tissus de l'hôte, diffusant le long des nerfs jusqu'au cerveau, produisant alors la paralysie caractéristique du système moteur. Le lieu de la maladie et l'apparition des symptômes sont alors éloignés du foyer d'infection. D'ailleurs la relation générique entre les deux éléments ne fut connue qu'après des années de recherches.

Dans le monde végétal, une série de maladies de flétrissure, importantes du point de vue économique, sont des maladies infectieuses dans lesquelles il y a séparation entre le foyer de l'infection et l'aire où apparaissent les symptômes. Ainsi *Fusarium cubense*, provoque, aux Tropiques, la maladie de Panama des bananes. *Fusarium vasinfectum* est l'agent de la flétrissure du coton dans plusieurs régions de culture et *Endothia parasitica* est responsable de la mort de nombreux châtaigniers dans l'hémisphère nord.

Dans toutes ces maladies, le parasite attaque un point particulier, par exemple les racines, les pousses ou les tiges de l'hôte et déverse ses toxines dans les tissus conducteurs de l'hôte. Les toxines sont transportées dans les feuilles et parfois elles provoquent chez celles-ci des ravages surprenants: c'est ainsi qu'une maladie des abricotiers de la vallée du Rhône a été baptisée «apoplexie»: les abricotiers, infectés par un champignon du genre *Valsa*, non décelable sur le tronc, paraissent normaux au printemps et fleurissent normalement. En juin, sous l'action des toxines, leur frondaison perd sa turgescence, se fane et tout l'arbre périt.

L'étude des toxines de la flétrissure a commencé par celle des tomates provoquée par *Fusarium lycopersici*, qui est d'ailleurs peu important du point de vue économique; car les plants de tomates peuvent être facilement cultivés, en grand nombre et toute l'année, en serre.

Le parasite passe du sol dans les racines des plants et gagne ensuite toutes les tiges. Ses toxines provoquent un brunissement et une nécrose des tissus conducteurs de la tige (mêmes symptômes que pour les vaisseaux conducteurs des feuilles de la figure 3), une coloration caractéristique et une nécrose des feuilles (figure 4).

Jusqu'à présent, on a isolé quatre toxines des cultures *in vitro* de *Fusarium lycopersici*; deux d'entre elles (la pectase et la vasinefuscarine) produisent spécifiquement le brunissement et la nécrose des vaisseaux conducteurs; les deux autres (la lycomarasmine et l'acide fusarique) sont seules responsables de la coloration et de la nécrose des feuilles.

La pectase est une pectine-méthyl-estérase, produite par de nombreux champignons parasites [6]. La vasinefuscarine [7] est une protéine à propriétés enzymatiques, mais elle n'a toujours pas été isolée à l'état pur. La lycomarasmine est un dipeptide ayant la formule globale $C_9H_{15}O_7N_3$ et de poids moléculaire 277 [7]. L'acide fusarique est un acide pyridine-carboxylique de formule $C_{10}H_{13}O_2N$ et de poids moléculaire 179 [8].

Ces quatre toxines appartiennent à des groupes chimiques très différents, leurs poids moléculaires sont faibles par rapport à ceux des toxines usuelles rencontrées en Médecine (la toxine diphtérique a un poids moléculaire de 72 000; la toxine botulinique A, 900 000). Ceci doit être lié à la perméabilité sélective des parois cellulaires végétales. Les solutions qui s'élèvent dans les tiges le long des vaisseaux conducteurs quittent ensuite ces canaux en diffusant dans les parois cellulaires et baignent les contenus cellulaires de toutes parts. Les toxines les plus actives sur les tissus végétaux sont donc celles qui sont capables de pénétrer dans les espaces submicroscopiques de la structure micellaire des parois cellulosiques, donc celles qui ont un poids moléculaire relativement faible.

Aussi loin que l'on pousse les recherches, les bactéries pathogènes de l'homme montrent une spécificité remarquable des toxines sécrétées, ainsi la toxine tétanique est caractéristique du bacille tétanique, la toxine diphtérique, de la bactérie diphtérique et ainsi de suite. Les agents de la flétrissure des plantes sont plus primitifs à cet égard, c'est-à-dire moins spécialisés. Ainsi l'acide fusarique, cité plus haut, est produit non seulement par *Fusarium lycopersici* mais aussi par *Fusarium heterosporum* qui provoque une maladie du maïs, du riz et de la canne à sucre en Asie orientale; par *Gibberella fujikuroi* agent d'une autre maladie du riz en Asie orientale; par *Fusarium vasinfectum* agent de la flétrissure du coton; et aussi par *Nectria cinnabarina* agent de la tache rouge de nombreux arbustes et arbres à feuilles caduques des régions tempérées. Ces différents parasites

produisent donc la même substance sur des hôtes variés. Cette production si commune fait penser que ces toxines résultent de réactions relativement simples à partir de substances largement répandues.

Les toxines de la flétrissure n'agissent pas seulement sur l'hôte spécifique du parasite qui les produit. La gamme des plantes sensibles à une toxine donnée est considérablement plus étendue que celle des hôtes du parasite producteur. Ainsi *Fusarium lycopersici* ne peut attaquer la vigne (*Vitis vinifera*), mais ses toxines y produisent les mêmes dommages que sur la tomate. La résistance naturelle de la vigne à ce parasite n'est donc pas une résistance à la toxine mais au parasite lui-même qui ne peut se maintenir sur cet hôte.

Les toxines de la flétrissure affectent-elles tous les tissus de l'hôte uniformément? On peut répondre négativement. Dans les maladies de la flétrissure, comme en Médecine dans la diphtérie, les foyers d'infection et les organes attaqués par la ou les toxines sont relativement spécifiques. Les toxines de la flétrissure agissent seulement sur certains tissus de l'hôte; elles sont histotropiques. Ainsi la lycomarasmine traverse les tiges, les pétioles et les nervures de feuilles de tomate presque sans symptôme, ses premiers effets n'apparaissent qu'à la surface des feuilles et simplement dans le stroma des régions situées entre les nervures (figure 4). De son côté, la vasinefuscarine attaque seulement les vaisseaux conducteurs des plants de tomate (comme dans les nervures de la figure 3) et laisse le stroma des régions entre les nervures intact.

Des toxines totalement différentes, ayant un mode d'action en apparence complètement différent, manifestent une prédilection pour les mêmes tissus de l'hôte. Ainsi la pectase, la vasinefuscarine, l'acide fusarique à un *p*H inférieur à 6,2, la diaporthine, toxine d'*Endothia parasitica* [9], produisent un brunissement identique en apparence et une nécrose des vaisseaux conducteurs. Dans les maladies de la flétrissure l'identité des symptômes visibles de l'extérieur sur un organe donné n'implique pas nécessairement l'identité des toxines en cause.

Par comparaison avec les toxines à action limitée mentionnées ci-dessus (tabtoxinine, acide alternarique), les toxines de la flétrissure connues jusqu'à présent sont peu nocives: 150 mg de lycomarasmine ou d'acide fusarique par kilo de poids frais sont nécessaires pour avoir une action caractérisée sur les plants de tomate. On ne connaît pas encore la raison de ce fait; il est possible qu'il y ait des pertes pendant la diffusion dues à l'adsorption ou par inactivation durant le transport.

Comme on l'a déjà dit tous les agents de flétrissures forment plusieurs toxines et chacune de celles-ci dérange plusieurs mécanismes de l'hôte, autant que nous le sachions actuellement. Le mode d'action des toxines de la flétrissure est donc moins spécifique que celui de la tabtoxinine précédemment décrit. L'action résultante des toxines de la flétrissure sur l'hôte est due non seulement à leurs effets chimiques propres mais aussi à l'ordre et à l'importance de leur production par le parasite. Nous ne savons encore que peu de chose sur ces facteurs.

Le principal symptôme des flétrissures est le desséchement apparent qui fait se faner les plantes attaquées. On a d'abord supposé que la plante attaquée perdait de l'eau, de même qu'une déficience pathologique en eau entraîne une flétrissure physiologique. Cependant cette explication simple n'a pas tenu après les expériences faites avec des toxines isolées. En effet, selon la toxine étudiée, ce sont, soit les tiges et les pétioles (figure 5, toxine patuline), soit le limbe des feuilles (figure 2, toxine lycomarasmine) qui sont affectés. Ainsi les troubles de la turgescence affectent spécifiquement des organes différents suivant les toxines employées; ce ne sont donc pas les résultats d'une simple déficience en eau.

Ainsi le phénomène de flétrissure peut s'accompagner d'une perte d'eau pathologique mais il n'en est pas forcément ainsi. La perte d'eau pathologique est donc un phénomène secondaire, résultat et non cause de la perte de turgescence. Si l'on injecte une toxine de flétrissure à un plant de tomate placé dans une atmosphère d'humidité

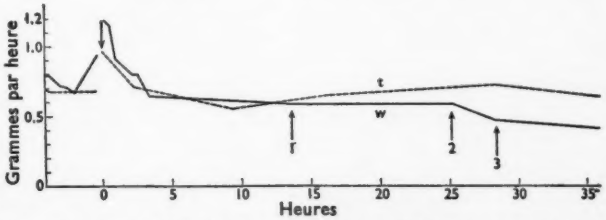


FIGURE 12 – *Illustration graphique de la flétrissure d'un plant de tomate produite par une toxine et non-accompagnée de perte d'eau: c'est ce qui se produit si le plant attaqué est cultivé en atmosphère saturée de vapeur d'eau. Le plant en expérience a été plongé dans une solution de toxine au moment indiqué par la flèche. En abscisses: la durée de l'expérience en heures; l'absorption d'eau* (w) *ou la transpiration* (t) *de la plante sont portées en ordonnées, en g par heure. En* (1), *les feuilles ne sont plus complètement turgescentes, mais légèrement incurvées. En* (2), *le bourgeon terminal et les deux feuilles les plus basses sont fanés. En* (3), *toutes les feuilles sont fanées et montrent un desséchement considérable* [10].

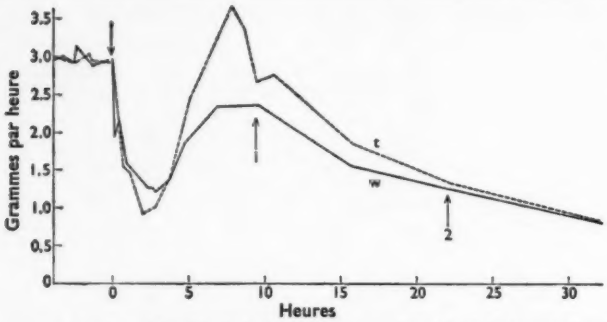


FIGURE 13 – *Trouble de la balance en eau d'un plant de tomate par la lycomarasmine en atmosphère d'humidité normale. Les détails sont les mêmes que dans la figure 12. En (1), la feuille la plus basse montre les premiers signes de desséchement. En (2), tout le plant est desséché* [11].

relative 94%, sa transpiration est minimum par suite de la forte humidité (figure 12); pourtant la fanaison débute après 14 heures [10] et devient totale au bout de 30 heures.

A des humidités normales le dépérissement est également indépendant de la perte d'eau. La figure 13 illustre le comportement de quelques plantes qui ont répondu à l'application de lycomarasmine par une chute très brusque puis une augmentation de leur balance normale en eau. Dix heures après le début de l'expérience, les premiers signes de flétrissure apparaissent, bien qu'à ce moment les plants de tomate n'aient perdu que 6% de leur teneur en eau. Les plantes saines peuvent supporter une perte d'eau de 50% sans symptômes visibles. La flétrissure est donc due non pas à une perte pathologique d'eau par la plante atteinte, mais à une action sur la perméabilité sélective (semi-perméabilité) de son protoplasme et donc à une action sur les besoins osmotiques de la turgescence.

Les mécanismes qui produisent de tels troubles de la perméabilité des membranes cytoplasmiques sont encore inconnus. Plusieurs toxines des flétrissures, comme la lycomarasmine et l'acide fusarique, peuvent former des composés très stables avec les ions métalliques de l'hôte indispensables: elles sont donc des antimétabolites [12]. Cependant la relation entre ce fait et les troubles de la perméabilité n'est pas encore connue.

De plus, les agents des flétrissures forment non seulement les véritables toxines des flétrissures qui provoquent le desséchement visible des plantes attaquées, mais aussi d'autres toxines qui produisent par exemple des chloroses locales (attaque de la chlorophylle), des durcissements (rigidité de certains organes), des nécroses, et ainsi de suite, tous symptômes qui se superposent au desséchement. Nous sommes d'ailleurs bien loin de connaître toute la pathogenèse des flétrissures.

THÉRAPEUTIQUE DES MALADIES INFECTIEUSES DES PLANTES

La connaissance de la nature des toxines produites par les parasites conduit à de nouvelles méthodes de lutte contre les maladies infectieuses. Il serait peut être possible de traiter les maladies végétales non pas en attaquant le parasite lui-même, mais en inactivant ses toxines par un apport à la plante attaquée de substances qui neutralisent l'action des toxines: c'est le principe du traitement médical actuel de la diphtérie.

BIBLIOGRAPHIE

[1] WOOLLEY, D. W., SCHAFFNER, G., et BRAUN, A. C. *J. biol. Chem.*, **198**, 807, 1952.

[2] BRAUN, A. C. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.*, **36**, 423, 1950.

[3] BRIAN, P. W., ELSON, G. W., HEMMING, H. G., et WRIGHT, J. M. *Ann. appl. Biol.*, **39**, 308, 1952.
BRIAN, P. W. Communications personnelles.

[4] DARPOUX, H., FAIVRE-AMIOT, A., RIDE, M., et ROUX, L. *Ann. Épiphyt.*, **4**, 423, 1952.

[5] GÄUMANN, E., NAEF-ROTH, S., REUSSER, P., et AMMANN, A. *Phytopath. Z.*, **19**, 160, 1952.

[6] WINSTEAD, N. N. et WALKER, J. C. *Phytopathology*, **44**, 153, 1954.

[7] PLATTNER, P. A., CLAUSON-KAAS, N., BOLLER, A., et NAGER, U. *Helv. chim. acta*, **31**, 860, 1948.
BOLLER, A. Dissertation, Zurich. E.T.H., No. 2047, 1951.
GÄUMANN, E., NAEF-ROTH, S., et MIESCHER, G. *Phytopath. Z.*, **16**, 257, 1950.
GÄUMANN, E., STOLL, C., et KERN, H. *Ibid.*, **20**, 245, 1953.

[8] YABUTA, T., KAMBE, K., et HAYASHI, T. *J. agric. chem. Soc. Japan*, **10**, 1059, 1934.
GÄUMANN, E., NAEF-ROTH, S., et KOBEL, H. *Phytopath. Z.*, **20**, 1, 1952.

[9] BAZZIGHER, G. *Ibid.*, **21**, 105, 1953.

[10] GÄUMANN, E. et JAAG, O. *Ber. schweiz. bot. Ges.*, **57**, 227, 1947.

[11] *Idem. Experientia*, **2**, 215, 1946.

[12] DEUEL, H. *Phytopath. Z.*, **21**, 337, 1954.
GÄUMANN, E. et NAEF-ROTH, S. *Ibid.*, **21**, 349, 1954.

[13] BROWN, N. A. *J. agric. Res.*, **39**, 747, 1929.

[14] GÄUMANN, E. *Advanc. Enzymol.*, **11**, 401, 1951.

[15] *Idem.* «Pflanzliche Infektionslehre» (2ème éd.). Birkhäuser, Bâle. 1951.

Un professeur éminent: H. J. H. Fenton (1854–1929)

par W. H. MILLS

Actuellement que l'enseignement scientifique traverse une période de crise, faute de personnel, il paraît utile de rappeler la carrière de Henry Fenton dont cette année marque le centenaire. Il est de la lignée de ces professeurs de génie auxquels la science doit indirectement une grande partie de ses progrès: en inspirant à leurs élèves leur propre enthousiasme pour la discipline qu'ils enseignaient ils ont suscité d'ardentes et fructueuses vocations. Fenton était d'autre part un chercheur d'une certaine originalité. Le réactif qui porte son nom est universellement connu.

Il y a des chimistes éminents et de grands professeurs de Chimie mais peu d'hommes arrivent à briller à la fois dans ces deux rôles distincts. C'est normalement le chimiste de talent qui remporte la gloire, et non le pédagogue; ce qui est peut-être inévitable et juste. Néanmoins pour s'épanouir complètement une science a besoin de ses professeurs enthousiastes autant que de ses brillants pionniers. Un enseignement inspiré peut, à la manière d'un ferment, faire germer un talent assoupi et fournir le climat favorable pour le faire mûrir. Henry John Horstman Fenton, né à Londres il y a tout juste cent ans, est l'un de ces professeurs hors ligne auquel des générations successives de chimistes ont voué leur gratitude et leur admiration.

Fenton fit ses études au *King's College* de Londres où Bloxam enseignait alors la Chimie. A cette époque une des Corporations de la Cité de Londres — ces associations de marchands dont certaines datent du XIe siècle — offrait une bourse de trois ans pour l'étude de la science physique extramuros à Cambridge. Fenton l'obtint et entra donc à l'université au début de la session de carême 1875. Il remporta bientôt après une bourse grâce à laquelle il put entrer à *Christ's College* en 1876. Il était plus âgé que la moyenne des étudiants et il possédait infiniment plus d'expérience et de connaissances en Chimie. Il fut rapidement nommé préparateur adjoint au laboratoire de Chimie de l'université, et, après avoir pris ses grades, préparateur de l'université. Il devait bientôt partager avec son collègue W. J. Sell le plus gros de l'enseignement de la Chimie inorganique dans le laboratoire de l'université. En 1904 ils étaient tous deux promus Maîtres de Conférences de l'Université.

Lorsque Fenton était encore étudiant il fit une observation qui allait déterminer le cours de ses recherches. Un autre étudiant, qui s'amusait à mélanger des réactifs au hasard, obtint un jour une belle teinte violette. Fenton s'enquit de la nature de ces réactifs et se mit à chercher ceux d'entre eux qui déterminaient la coloration. En 1876 il consignait son travail dans une lettre au journal *Chemical News*, disant: «J'ai récemment observé une réaction qui, pour autant que je puisse en juger à présent, pourrait servir à identifier l'acide tartrique. Ainsi, si l'on ajoute une petite quantité d'acide tartrique à une solution très diluée de sulphate ou de chlorure ferreux, puis quelques gouttes d'eau de chlore ou d'eau oxygénée, on obtient une très belle couleur violette. Le composé violet semble être du ferrate potassique ou sodique».

Une étude plus approfondie de la réaction le convainquit que son premier jugement était erroné, mais ce n'est qu'en 1894 qu'il fut à même d'annoncer que le composé coloré était un dérivé ferrique d'un produit d'oxydation de l'acide tartrique. Il réussit à l'isoler sous forme d'un acide dibasique cristallin peu soluble ayant la formule HOOC.C(OH):C(OH).COOH. Pensant que ce corps avait la même configuration dans l'espace que l'acide maléique, Fenton le dénomma acide dihydroxymaléique. Des recherches plus récentes ne permettent cependant plus de douter qu'il s'agit réellement de l'acide dihydroxyfumarique.

Dans le monde entier les chimistes connaissent maintenant le réactif de Fenton: eau oxygénée en présence d'une trace de sel ferreux. Fenton lui-même, avec H. Jackson et H. O. Jones, examina en détail les propriétés oxydantes de son réactif. Il montra qu'on pouvait aisément oxyder le glycol en acide glycollique, l'érythritol en érythrose, le

mannitol en mannose, mais que les alcools monohydriques n'étaient pas attaqués. Il montra aussi que le réactif oxydait rapidement les α-hydroxyacides en acides α-cétoniques correspondants, mais que les autres types d'acides n'étaient pas atteints. L'acide glycollique donne l'acide glyoxylique, l'acide lactique donne l'acide pyruvique et l'acide malique fournit l'acide oxalacétique qu'on ne connaissait pas auparavant. En fait, le réactif de Fenton est un oxydant spécifique pour les composés ayant des groupes hydroxyles adjacents. Il élimine les atomes d'hydrogène du radical $=CH(OH)$ en donnant le radical $=C:O$.

Au cours de tentatives en vue de convertir l'acide «dihydroxymaléique» (*cis*-) en acide fumarique (*trans*-) il employa une solution d'acide bromhydrique dans l'éther; il n'arriva qu'à estérifier la fonction acide, mais cela l'amena à utiliser la même solution comme agent d'éthylation pour d'autres classes de composés. Il observa que ce réactif donnait une couleur pourpre intense aux hydrates de carbone, au fructose en particulier. En collaboration avec Miss M. M. Gostling il examina de près cette réaction du fructose. Ils trouvèrent que la couleur provenait de l'action supplémentaire de l'acide bromhydrique sur un composé ayant la formule brute $C_6H_5O_2Br$. Ils isolèrent de grosses quantités de ce produit et trouvèrent qu'il s'agissait du bromo-méthylfurfurole.

Un autre incident survenu au cours de son enseignement le dirigea dans une nouvelle voie. Dans une communication faite au *Journal of the Chemical Society* de 1878 il décrivit l'observation d'un de ses étudiants. Ce dernier, Street, avait employé une solution alcaline concentrée d'hypochlorite au lieu d'hypobromite de sodium pour un dosage d'urée et il n'avait obtenu que la moitié du volume d'azote calculé.

Fenton, reprenant le problème, trouva que l'autre moitié de l'azote était restée en solution sous forme de cyanate de sodium. L'hypochlorite avait provoqué l'inversion de la synthèse de Wöhler. Les hypochlorites ont un pouvoir oxydant moindre que les hypobromites; Fenton démontra qu'ils n'attaquent pas le carbamate de sodium, alors que les hypobromites le décomposent rapidement avec dégagement de tout l'azote. On en déduisit qu'en solution aqueuse l'urée est en équilibre avec une faible quantité de cyanate d'ammonium:

$$CO(NH_2)_2 \rightleftharpoons (NH_4)^+ + (NCO)^-,$$

et que l'hypochlorite est incapable d'agir sur l'urée mais qu'il détruit l'ammoniac que l'alcali dégage de l'ion ammonium. L'équilibre est donc dérangé et finalement toute l'urée est décomposée en donnant de l'azote et du cyanate de sodium.

Fenton avait une figure saisissante: il avait des cheveux noirs, un teint basané et une carrure d'athlète. Il faisait ses cours d'un air indifférent et las, mais ce n'était en réalité qu'une affectation car on ne pouvait s'empêcher de remarquer la vivacité et la vitalité qui bouillaient en-dessous. Il ne souriait pas, mais son humour sardonique fascinait les étudiants. S'il trouvait un manuel coupable de généralisations hâtives — et cela arrivait souvent — il ne manquait pas de le dénoncer avec des sarcasmes acerbes. Il était connu pour ses saillies mordantes.

La Chimie générale et physique était ce qui l'intéressait le plus. Il était dans la trentaine lorsqu'Arrhénius, Ostwald et van 't Hoff fondaient la théorie des solutions diluées. Il avait vu naître et grandir la chimie physique. Il avait vécu les controverses de l'époque et il traitait la Chimie comme une science dans l'adolescence. Il n'était pas dogmatique et chaque fois que c'était faisable il présentait un sujet comme un débat où chacun pouvait prendre position. Lui le conférencier, affectait alors une attitude impartiale et encourageait ses auditeurs à peser le pour et le contre, et à tirer leurs propres conclusions.

Il abordait les sujets difficiles le plus simplement possible et il les traitait avec une lucidité qui contribuait beaucoup à les simplifier. Il suggérait des questions intéressantes qu'il laissait mûrir dans l'esprit de ses auditeurs et il s'efforçait de faire ressortir des analogies et des rapports inattendus. Les expériences avec lesquelles il illustrait ses cours étaient bien choisies et bien conçues. Avec l'aide de son fidèle assistant, George Hall, il les exécutait de façon impressionnante.

A la fin de chaque cours des grappes de jeunes gens se pressaient autour de son pupitre pour discuter certaines questions qu'il avait soulevées. Il attachait beaucoup d'importance à ces conversations familières et les encourageait de tout son pouvoir. Les étudiants étaient surpris de la bienveillance avec laquelle il écoutait l'exposé de leurs difficultés et de l'indulgence qu'il montrait lorsqu'on avait posé une question hors de propos ou sans réfléchir.

Fenton prit sa retraite à soixante-dix ans et s'installa à Hove. Il mourut dans une clinique de Londres le 13 janvier 1929. Il avait passé toute sa vie active au laboratoire de Cambridge.

Procédés histologiques en cancérologie

par E. S. HORNING

Nombreuses et diverses sont les causes que l'on attribue aux affections cancéreuses, mais la seule certitude que l'on ait jusqu'ici à leur sujet c'est que ces maladies se manifestent par une prolifération anormale et indéfinie des cellules d'une partie quelconque de l'organisme. Il est donc naturel que l'on emprunte les techniques utilisées dans l'étude des tissus (histologie) et des cellules (cytologie) pour le diagnostic du fléau, qui a pris depuis quelque temps une extension angoissante.

RÔLE DE LA MICROSCOPIE DANS LE DIAGNOSTIC ET LA RECHERCHE

On a tiré beaucoup de renseignements des différences de comportement entre cellules normales et cellules malignes et en particulier de l'étude microscopique du mode de croissance et d'infiltration du cancer dans le corps. L'étude histologique ou cytologique peut révéler les effets de radiations, de drogues, de produits chimiques ou d'hormones sur les tumeurs malignes et le destin ultime des cellules cancéreuses après toutes ces formes de traitement. On utilise généralement une mince tranche ou coupe de tissu cancéreux, que l'on peut colorer pour mettre en évidence les caractéristiques structurales de ses composants à l'examen microscopique. Dans certains cas, où l'on peut isoler de petits groupes de cellules cancéreuses, il est suffisant de faire un frottis sur une lame de verre et de le colorer. Il existe une littérature étendue sur les aspects purement descriptifs des structures histologiques et cytologiques liées aux différentes formes de cancer, y compris ceux des premiers stades où des modifications néoplasmiques sont détectables. Alors que les techniques de coupe et de microscopie pour le diagnostic habituel du cancer sont très semblables à celles que l'on utilise en histologie courante, certaines techniques ont dû être spécialement adaptées.

TRANSPLANTATION EXPÉRIMENTALE DE CANCER CHEZ L'ANIMAL

Pour l'étude de la structure et du comportement des cellules cancéreuses le pathologiste doit avoir à sa disposition des cellules malignes vivantes. La plupart des laboratoires de recherches sur le cancer gardent des souches inbred de souris chez lesquelles se développe un fort pourcentage de tumeurs spontanées, ainsi que des rongeurs de souches indéterminées capables de porter des cancers greffés ou transplantables. Les cytologistes se servent principalement de ce dernier matériel.

A la fin du siècle dernier, on a découvert que l'on peut transmettre certaines tumeurs spontanées par greffe de petits fragments de tumeur sous la peau d'animaux de la même espèce. On peut ainsi propager le cancer d'animal à animal dans un nombre illimité de générations. On a ainsi conservé pendant presque un demi-siècle certains néoplasmes animaux, tel le carcinome de Walker. On peut aussi dans certains cas, greffer les tumeurs induites par une substance chimique cancérigène. La figure 9 montre une greffe de tumeur rénale se développant sous la peau d'un mâle de hamster. On a provoqué cette tumeur rénale particulière en traitant un mâle de hamster au diéthylstilboestrol, oestrogène synthétique qui possède une action similaire à celle de l'hormone sexuelle femelle. Ces tumeurs apparaissent seulement chez les mâles traités à l'oestrogène et jamais chez les femelles (voir figures 5 et 6); les tumeurs rénales sont rarement transplantables et, en fait, il n'y a réponse à la greffe que si le hamster hôte a déjà subi un traitement à l'oestrogène. Avec le matériel ainsi obtenu et la grande diversité des cancers qui se produisent spontanément chez l'homme et les animaux, les histologistes et les cytologistes peuvent travailler.

ANOMALIES STRUCTURALES DE LA CELLULE CANCÉREUSE

Les deux constituants cytoplasmiques les plus communs chez les cellules normales comme chez les malignes sont les mitochondries et les corps de Golgi. Dans certaines cellules cancéreuses ces inclusions subissent des modifications morphologiques qui semblent dépendre du degré de différenciation cellulaire et de l'état fonctionnel de la cellule. De nombreuses recherches ont cependant montré que l'on peut produire expérimentalement des modifications analogues dans des cellules saines normales et qu'il n'existe réellement pas de caractéristiques microscopiques

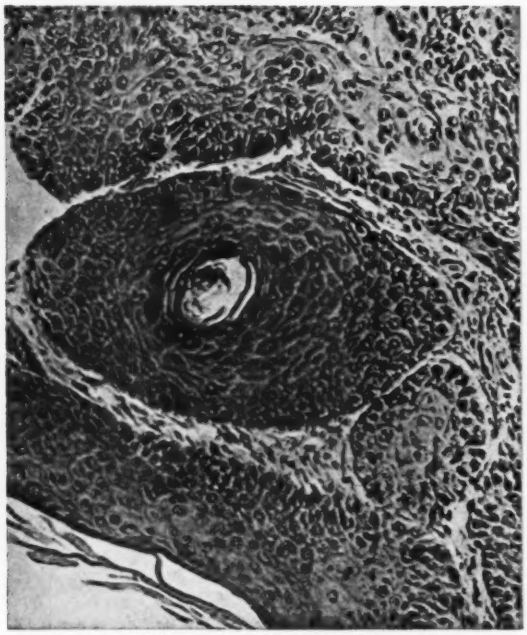


FIGURE 1 – *Microphotographie, en éclairage direct, d'une coupe de contrôle dans une tumeur de la souris provoquée par le goudron, montrant la peau goudronnée, le stroma, et les cellules tumorales sousjacentes. Préparation colorée à l'hématoxyline d'Ehrlich, après fixation à l'alcool-formol.* (× 150)

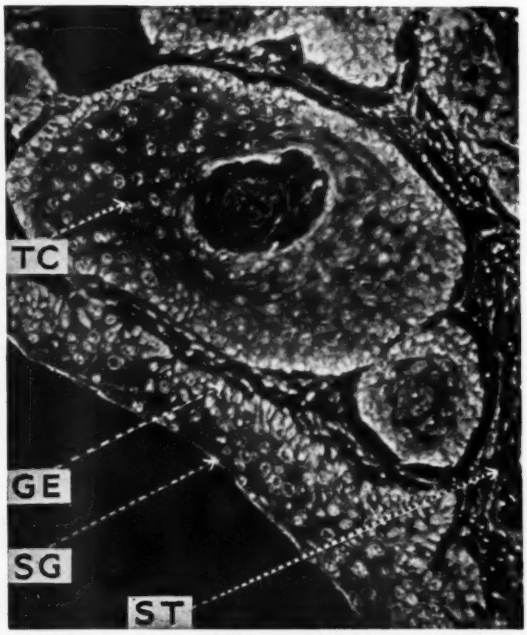


FIGURE 2 – *Coupe incinérée, semblable à celle de la figure 1, photographiée en éclairage à fond noir. SG = peau goudronnée. TC = cellules tumorales sousjacentes.* (× 150)

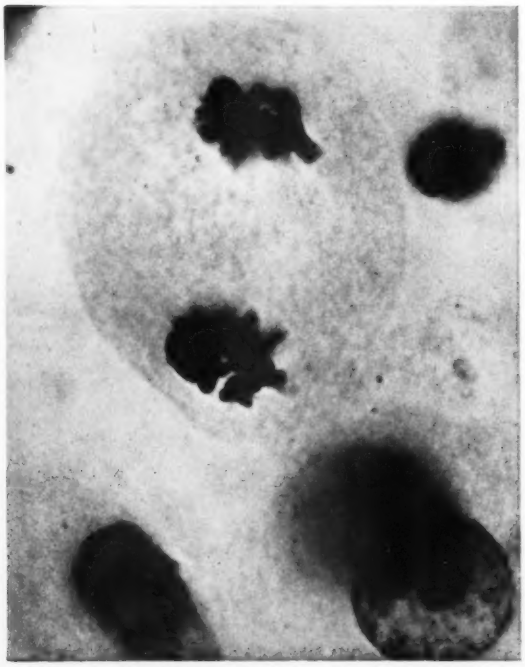


FIGURE 3 – *Division normale (anaphase) dans une tumeur de Walker greffée chez le rat.* (× 2500)

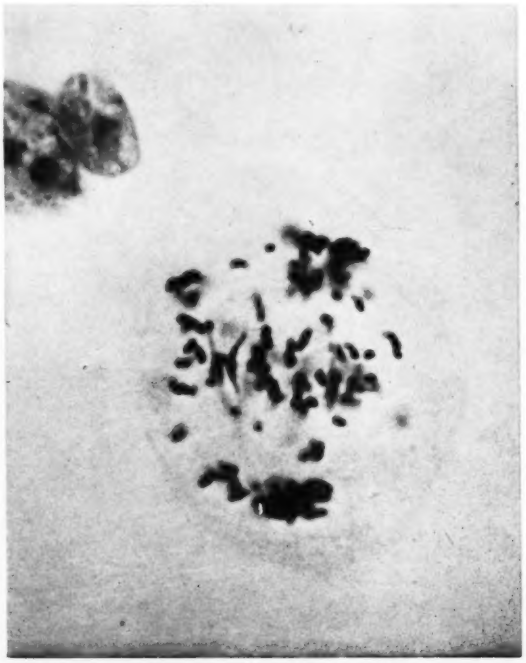


FIGURE 4 – *Illustration des effets du HN2, 24 heures après l'injection, sur les chromosomes d'une tumeur de Walker.* (× 2500)

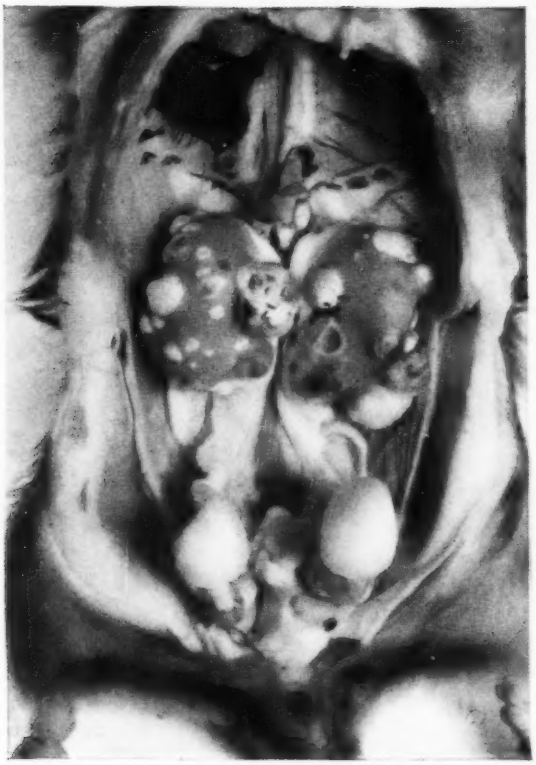


FIGURE 5 – *Nodules multifocaux de cellules malignes dans les deux reins d'un mâle de hamster en réponse à un traitement prolongé au stilboestrol.*

FIGURE 6 – *Reins d'un mâle de hamster sans tumeurs; comparer avec la figure* 5.

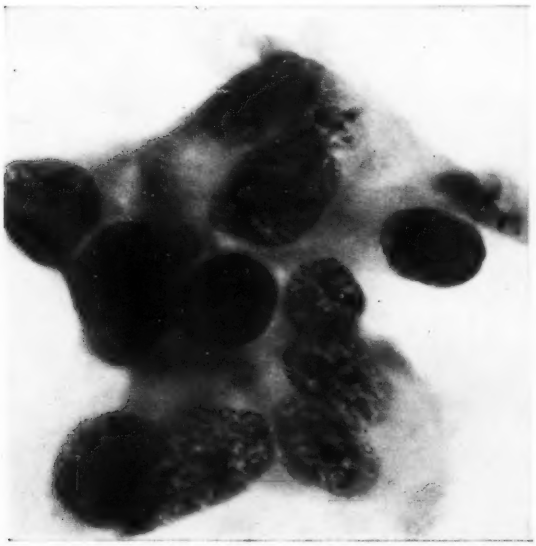


FIGURE 7 – *Groupe de cellules cancéreuses humaines isolé du dépôt urinaire d'un homme atteint d'un cancer avancé de la vessie.* (× 1000)

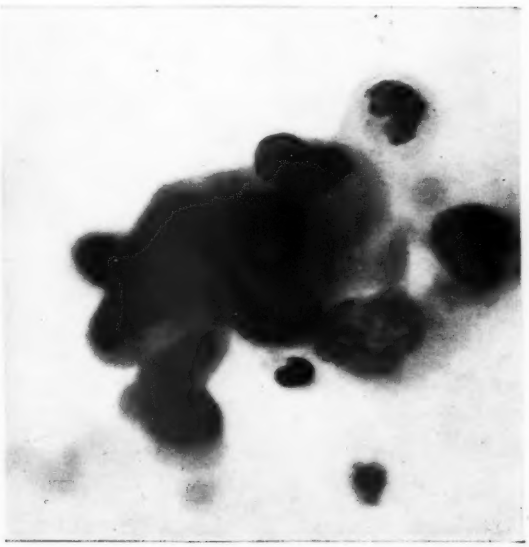


FIGURE 8 – *Même matériel que celui de la figure* 7. *On voit une cellule maligne en division. Noter un chromosome anormal.* (× 1000)

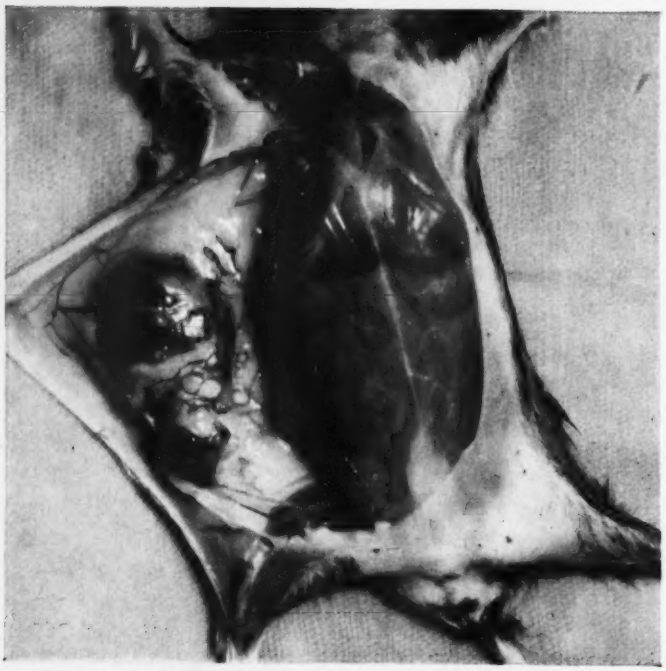


FIGURE 9 – *Tumeur rénale transplantable en croissance souscutanée chez un mâle de hamster, préalablement traité au stilboestrol.* (× ½)

du cytoplasme que l'on puisse utiliser pour distinguer une cellule cancéreuse d'une cellule normale. On a donc étudié le noyau plus attentivement. On sait depuis le siècle dernier que les stades successifs des rares divisions cellulaires visibles dans les tumeurs bénignes apparaissent habituellement normaux; par contre, dans les tumeurs malignes en croissance rapide, les figures mitotiques sont plus fréquentes et font apparaître beaucoup d'anomalies nucléaires. La proportion de cellules cancéreuses en division à un moment donné constitue naturellement une indication de la vitesse de croissance de la tumeur. Suivant Willis [1] les tumeurs en croissance rapide peuvent montrer des figures mitotiques dans 5% ou plus de leurs cellules et la proportion n'excède jamais 10%. D'autres auteurs [2–4] ont décrit des anomalies structurales telles qu'un hyperchromatisme (coloration plus forte du contenu nucléaire), des noyaux multiples géants, des nucléoles plus gros et des divisions nucléaires anormales. Au début, on a tiré de grands espoirs du fait que ces anomalies nucléaires paraissaient être un trait essentiel de la malignité; puis l'on a trouvé la possibilité d'induire des mitoses anormales dans des cellules normales au moyen de certains agents chimiques. On peut aussi en voir dans des tissus ordinaires en régénération, par exemple dans la cicatrisation d'une blessure [5]. Ce problème a donné lieu à des mises au point [6–8].

Beaucoup de cellules cancéreuses possèdent un nombre tétraploïde ou polyploïde de chromosomes anormaux, corps prenant intensément les colorations, qui s'individualisent dans le noyau quand une cellule subit une division. Koller, utilisant le matériel obtenu à partir de tumeurs transplantables de rongeurs aussi bien que de cancers humains étudie les facteurs empêchant la division cellulaire et des autres mécanismes entraînant des anomalies chromosomiques. L'anomalie la plus fréquente est la «viscosité» des chromosomes qui sont irréguliers ou en nombre polyploïde et dont la division est invariablement accompagnée d'une suppression complète ou incomplète du fuseau mitotique. Suivant Koller, ces anomalies sont dues à un défaut de nourriture appropriée, aussi bien qu'à l'accumulation de produits de dégradation toxiques, si commune dans les néoplasmes en croissance rapide.

Bien que beaucoup d'agents thérapeutiques

soient capables de provoquer des anomalies nucléaires chez la cellule normale, la cellule cancéreuse est si souvent anormale dans sa structure nucléaire que l'on peut accorder beaucoup plus de confiance aux modifications structurales du noyau qu'à presque tous les autres critères supposés de malignité.

DIAGNOSTIC PAR LA TECHNIQUE DU FROTTIS

Le procédé histologique habituel de fixation d'un morceau de tissu, est non seulement plutôt lent dans le cas du diagnostic du cancer, mais aussi susceptible de déformer les cellules de manière à rendre moins aisément détectables les anomalies nucléaires. La technique du frottis a été utilisée par Belling [9] pour l'étude comparée des chromosomes des plantes et des animaux; elle est devenu tout à fait courante depuis que Papanicolaou a montré que l'on peut utiliser des frottis de cellules prélevées par grattage du vagin de divers mammifères pour évaluer les stades du cycle sexuel. Koller [10 et 11] fut l'un des premiers à employer la technique du frottis pour l'étude de cancers expérimentaux chez l'animal (voir figure 7). On place sur une lame des petits fragments de tissu cancéreux ou de petites quantités de liquides du corps contenant des cellules cancéreuses, extraits, par exemple, de la cavité péritonéale. On dilacère soigneusement le tissu avec des aiguilles fines pour séparer les cellules, puis on ajoute quelques gouttes d'une solution fixatrice et colorante. Il ne faut que 5 à 10 minutes pour obtenir une préparation microscopique. L'avantage d'une technique si simple dans le diagnostic du cancer est assez manifeste à la condition naturellement que l'on puisse prendre de petits fragments de tissu à la biopsie ou les isoler à partir de liquides comme l'urine.

L'emploi des frottis est également intéressant dans certaines recherches de thérapeutique chimique. Il permet au cytologiste d'observer la succession des modifications sur des échantillons pris à intervalles répétés au cours d'une expérience prolongée et fournit une information précieuse pour déterminer la dose correcte d'un agent thérapeutique. Dans une certaine limite, on peut évaluer à de courts intervalles de temps le degré de malignité et ceci est souvent très important pour des tumeurs qui montrent de grandes variations dans leur croissance. Koller [11] a aussi appliqué la technique à l'étude comparée des réponses de cellules normales et malignes à des agents cancérigènes variés. Ces études ont montré que le comportement anormal des chromosomes est un des caractères les plus importants qui permette de mesurer la réaction cellulaire à des agents chimiques (voir figures 3 et 4).

Malgré sa simplicité apparente, la technique des frottis demande une expérience considérable pour obtenir des préparations exemptes de déformations cellulaires; aucun cytologiste même expérimenté ne peut diagnostiquer des cellules cancéreuses si le matériel n'a pas été soigneusement prélevé. Il est nécessaire d'avoir un entraînement spécial en cytologie nucléaire pour arriver à un diagnostic sûr. On ne peut utiliser les frottis pour un diagnostic rapide de tous les types de cancers, et dans les cas humains il faut souvent la confirmation des premières constatations grâce à du matériel prélevé par biopsie et examiné en coupe, ou, dans le cas du cancer de la prostate, la confirmation par des tests chimiques sûrs.

Les cancers de la vessie urinaire, du poumon, des mamelles et dans une moindre mesure du tractus génital femelle fournissent le matériel le plus adapté pour le diagnostic cytologique. La figure 7 en donne un exemple, il s'agit d'un frottis de cellules isolées de l'urine d'un homme atteint d'un cancer avancé de la vessie. Des groupes isolés de cellules cancéreuses, rapidement reconnaissables à leurs caractères cytologiques, comportent une cellule cancéreuse en division au moment de la fixation qui montre un chromosome anormal (figure 8). Les biopsies ordinaires de la vessie sont difficiles à obtenir et cet exemple illustre avec force le grand avantage de la méthode.

Albers, McDonald et Thompson [12] ont employé les frottis pour détecter le cancer de la prostate qui lui aussi est difficilement accessible par biopsie. Dans plusieurs cas, ils ont détecté par frottis des modifications malignes avant même que la maladie ne soit cliniquement évidente. Ceci est très important, car chez certains individus la prostate subit une hypertrophie bénigne plutôt qu'une modification franchement cancéreuse. Au cours de ces vingt dernières années, on a beaucoup travaillé sur frottis de crachats de patients atteints du carcinome bronchique. La prétendue corrélation entre l'emploi de la cigarette et le cancer du poumon nous vaudra certainement de nouvelles modifications des techniques de coloration des frottis. On a publié récemment une note intéressante [13] sur le diagnostic du cancer bronchique; ici l'emploi de cette technique est particulièrement avantageuse, cette forme de cancer pouvant échapper à l'examen aux rayons X jusqu'à un stade avancé. Il faut une expérience

considérable pour distinguer les cellules cancéreuses des autres cellules des exsudats bronchiques. Les résultats de Jennings et Shaw [14] confirment la valeur des examens de frottis, puisque 82% des patients atteints de tumeurs bronchiques ont donné un diagnostic positif au frottis alors que les autres méthodes de diagnostic employées ne permettaient d'en identifier que 45% comme ayant la maladie. On a obtenu un test positif sur les crachats pour près des deux tiers des cas de cancers localisés à la périphérie des poumons et donc situés en dehors du champ de l'examen bronchoscopique.

De même pour le cancer du sein, les frottis offrent de grands avantages, mais la glande mammaire possède un exsudat cellulaire complexe, même en l'absence de cancer, ce qui rend imprudent de baser un diagnostic de malignité sur une seule préparation. Certains des pièges du cytodiagnostic ont été étudiés [15].

MICRO-INCINÉRATION DE CELLULES

Cette technique qui consiste à incinérer à haute température des coupes minces de tissus convenablement fixés pour en éliminer la matière organique en conservant les constituants minéraux des cellules, ne peut aider au diagnostic du cancer, mais on peut l'appliquer dans certains problèmes de recherches. Les coupes, après l'incinération sur lame de quartz ou de verre, sont d'abord examinées en lumière transmise pour s'assurer que les résidus de carbone ont bien disparu. En éclairage à fond noir, les cendres apparaissent comme un dépôt blanc plus ou moins opaque conservant avec une clarté remarquable le contour et la structure interne de chacune des cellules. On ne peut identifier avec certitude que trois substances: composés de calcium, fer et silicium, grâce à leur couleur en éclairage sur fond noir ou, dans le cas du silicium, par sa biréfringence en lumière polarisée. En attendant que nous disposions de méthodes plus précises pour l'identification des composants des cendres, la valeur de cette méthode réside principalement dans la détermination des variations de la quantité totale de cendres non-volatiles et de sa distribution. Ces variations sont considérables dans les tumeurs et semblent liées à des degrés variés de différenciation cellulaire. Scott et Horning [17] ont étudié les modifications du contenu minéral dans les néoplasmes en fonction de leurs différents degrés de malignité (figures 1 et 2).

Horning [18] a étudié l'effet du traitement au radium sur l'organisation minérale de cellules cancéreuses transplantables chez les rongeurs; on trouve un accroissement marqué du calcium se produisant dans les cellules des tumeurs dès 6 à 8 heures après l'irradiation et atteignant son maximum au sixième jour. L'accroissement initial ne peut se rattacher à une forte dégénérescence cellulaire et semble indiquer que la perméabilité des membranes cellulaires aux ions calcium se trouve augmentée par les radiations du radium. En dehors de ces études sur les croissances néoplasmiques, on a utilisé cette technique pour examiner l'organisation minérale dans beaucoup d'autres cas pathologiques (Horning [19, 20]).

Remerciements. Je remercie vivement le Professeur P. C. Koller pour les microphotographies 3 et 4 ainsi que Mr P. M. Wallace, F.R.C.S., qui m'a fourni le matériel utilisé dans les figures 7 et 8. Toutes les microphotographies ont été prises par Mr F. Speed, F.R.P.S., F.I.B.P.

BIBLIOGRAPHIE

[1] WILLIS, R. A. «Pathology of Tumours». Butterworth and Co. (Publishers) Ltd., Londres. 1948.
[2] STROEBE, H. *Beitr. path. Anat.*, **7**, 339, 1890.
[3] PIANESE, G. *Ibid.*, Suppl. 1, 1896.
[4] HANSEMANN, D. VON. *Virchows Arch.*, **119**, 299, 1896.
[5] COWDRY, E. V. *Arch. Path.* (*Lab. Med.*), **30**, 1245, 1940.
[6] LEVINE, M. *Amer. J. Cancer*, **15**, 144, 1931.
[7] LUDFORD, R. J. *Imp. Cancer Res. Fund.* XI *Sci. Rep.*, 147, 1934.
[8] KOLLER, P. C. *Brit. J. Cancer*, **1**, 38, 1947.
[9] BELLING, J. *Biol. Bull., Wood's Hole*, **50**, 51, 1926.
[10] KOLLER, P. C. *Nature, Lond.*, **149**, 193, 1942.
[11] *Idem. Lab. Practice*, **2**, 473, 1953.
[12] ALBERS, D. D., MCDONALD, J. R. et THOMPSON, G. T. *J. Amer. med. Ass.*, **139**, 299, 1949.
[13] *Lancet*, **266**, 611, 1954.
[14] JENNINGS, R. C. et SHAW, K. M. *Thorax*, **8**, 288, 1953.
[15] OSBORN, G. R. «Applied Cytology». Butterworth and Co. (Publishers) Ltd., Londres. 1953.
[16] «The Cytologic Diagnosis of Cancer», par le personnel du Vincent Memorial Hospital Laboratory, Boston, Mass. W. B. Saunders & Co. Ltd., Londres. 1950.
[17] SCOTT, G. H. et HORNING, E. S. *Amer. J. Path.*, **8**, 329, 1932.
[18] HORNING, E. S. *Imp. Cancer Res. Fund.* XI *Sci. Rep.*, 55, 1934.
[19] *Idem. Ibid.*, 67, 1934.
[20] *Idem.* «Cytology and Cell Physiology» (Ed. Bourne, G. H.). Clarendon Press, Oxford. 1951.

L'origine des Lézards

par E. KUHN-SCHNYDER

La science de la classification, fait constamment appel, pour établir l'arbre généalogique des espèces animales, à d'autres sciences, notamment la Paléontologie et l'anatomie comparée. L'auteur du présent article, paléontologiste de grande expérience, donne ici un aperçu des lacunes rencontrées au cours des recherches sur l'ascendance des Lézards. Toutefois, des fouilles effectuées récemment à Monte San Giorgio et ailleurs ont mis au jour certains fossiles qui selon toute probabilité sont des formes intermédiaires entre les Prolacertes du Triasique Inférieur et les Lézards proprement dits du Triasique Supérieur.

Il y a 300 millions d'années les Vertébrés ne comptaient que les Poissons qui peuplaient lacs, rivières et mers. A cette époque un de leurs groupes franchit une étape décisive: ses membres sortirent de l'eau et s'établirent sur la terre ferme. Dans leur nouvelle situation ils avaient besoin d'une colonne vertébrale mobile et capable aussi de supporter leur poids. Les Amphibiens résolurent ce problème de façons très diverses et les Reptiles, en outre, s'émancipèrent complètement de la vie aquatique. La forme du crâne subit ensuite des modifications, et, pour permettre à la tête de se mouvoir librement, le cou se dégagea. Un groupe de Reptiles acquit la faculté de mâcher ses aliments; c'était la condition essentielle pour la formation de sang chaud. Ce groupe aboutit aux Mammifères, chez lesquels l'évolution de la dentition a donc eu une importance exceptionnelle (figure 1).

On peut le mieux caractériser les formes typiques d'un stade donné de l'évolution des organismes en étudiant les parties du squelette qui ont subi au cours de ce stade les modifications de structure les plus profondes. On caractérisera donc les Amphibiens par la colonne vertébrale, les Reptiles par la structure du crâne et les Mammifères par les dents. En ce qui concerne les Lézards (Squamates, sous-ordre des Lacertiliens) on peut légitimement s'attendre à découvrir leur origine en retraçant l'évolution du crâne.

Les Reptiles les plus anciens (Cotylosaures) ont la voûte du crâne fermée, tout comme leurs ancêtres amphibiens, les Labyrinthodontes. Ces Reptiles dépourvus d'arcades, s'appellent donc anapsides. Les tortues marines et terrestres d'aujourd'hui présentent ce type sous une forme modifiée. Les descendants des premiers Reptiles anapsides avaient la mâchoire pourvue de muscles puissants dont les attaches avaient nécessité le développement de cavités temporales. Celles-ci étaient limitées par les voûtes temporales (figure 2). H. Osborn [16] divisa les Reptiles en deux sous-classes, les synapsides et les diapsides, selon qu'ils avaient une ou deux voûtes temporales. Cette conception s'est justifiée dans l'ensemble, car à mesure qu'on a mieux compris l'évolution des Reptiles par l'étude des fossiles on a aussi pu dégager plus nettement deux lignes évolutionnaires qui ont atteint leur destination. La première comprend les Archosaures (qui remontent au Triasique) et les Dinosaures. C'étaient les Vertébrés dominants du Jurassique et du Crétacé.

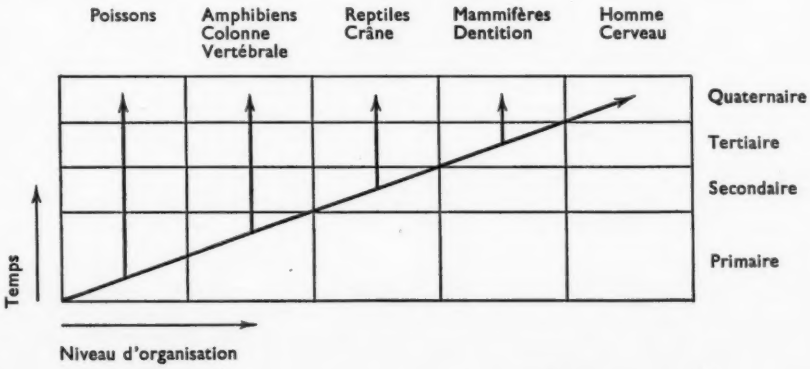


FIGURE 1 – *Etapes dans l'organisation des vertébrés.*

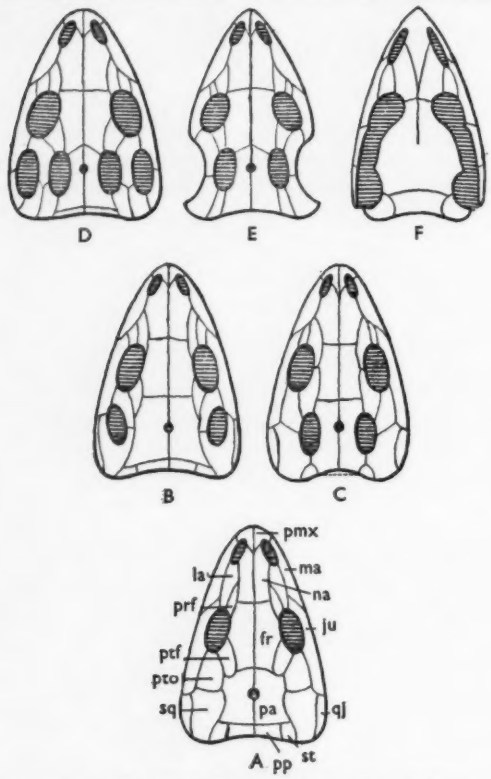


FIGURE 2 – *Représentation graphique des relations crâniennes chez les Reptiles et les Oiseaux. A, anapside; B, synapside; C, parapside; D, diapside; E, Squamates (Lézards); F, Oiseaux. Légende: fr = os frontal; ju = jugal; la = lacrymal; ma = mâchoire; na = nasal; pa = pariétal; pp = post-pariétal; prf = préfrontal; pmx = prémaxillaire; pto = post-orbital; qj = quadratojugal; sq = squamosal; st = supratemporal.* (D'après des dessins de R. Broom.)

Ils aboutirent aux Oiseaux d'aujourd'hui. Tous les représentants de ces classes, et les Crocodiles en font partie, sont soit des diapsides soit leurs descendants. L'autre ligne évolutionnaire, celle des synapsides, va des Pélycosaures du Permien aux Mammifères, en passant par les therapsides du Permien et du Triasique. D'autres branches ont cependant survécu dans l'ombre de ces Reptiles progressifs: les ancêtres des Tortues, des Lézards et des Rhynchocéphaliens (*Sphénodon*, etc.). Il faut y ajouter d'autres types qui choisirent la mer mais qui s'éteignirent pendant le Mésozoïque (figure 4).

Seule la paléontologie permet de déterminer le cours exact de l'histoire du monde animal; là où les matériaux fossiles font défaut on doit se contenter d'hypothèses. Jusqu'à une époque très récente les paléontologistes n'avaient pas encore réussi à découvrir de Lézards fossiles plus anciens que les Lézards contemporains les plus primitifs. La systématique des Lézards dépendait donc des données de l'anatomie comparée et de l'embryologie. A la suite d'une étude anatomique approfondie de la région comprise entre la poitrine et l'épaule chez les Reptiles, M. Fürbringer [11] concluait que les Lézards et les Rhynchocéphales étaient étroitement liés. Il les classa ensemble dans la sous-classe des Tocosaures avec les Ichtyosaures marins. En 1937 Sir Gavin de Beer [2] aboutit à la même conclusion en se basant sur l'embryologie. Tous les paléontologistes ne partageaient cependant pas cette opinion; un groupe, comprenant des noms distingués [25, 26], était partisan d'une division systématique très nette entre les Lézards et les Rhynchocéphales.

Il y a effectivement des différences très considérables entre les Lézards et les Rhynchocéphales (figure 3). Le crâne de ces derniers a deux fosses temporales et par conséquent deux voûtes temporales, la supérieure et l'inférieure; le crâne du lézard proprement dit n'en possède qu'une. Le comportement de l'os carré est nettement différent aussi. Cet os forme l'articulation de la mâchoire inférieure; chez la plupart des Lézards il est mobile, c'est l'état dit «de streptostylie». Chez les Rhynchocéphales, par contre, cet os est fixé solidement au crâne, c'est l'état «de monimostylie». Les rapports entre les états du crâne des Lézards peuvent s'interpréter de deux manières. D'après certains, les Lézards avaient deux fosses

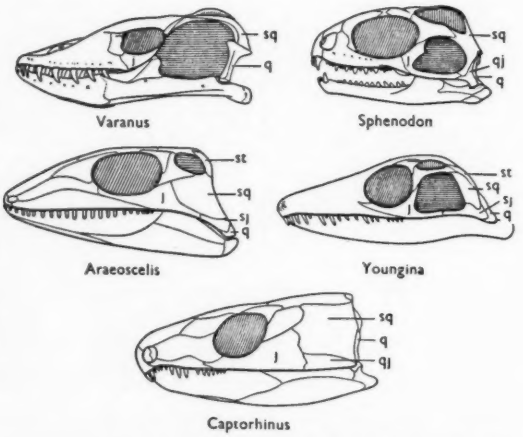


FIGURE 3 – *Types primitifs et évolués de crânes de Reptiles. Légende: j = jugal; q = carré; qj, sj = quadratojugal; sq = squamosal; st = supratemporal.* (D'après des dessins de R. Broom, W. K. Gregory, et A. S. Romer.)

temporales à l'origine, comme les Rhynchocéphales. Si la voûte temporale inférieure s'est réduite par la suite, on a le rapport qui existe aujourd'hui. Selon d'autres le crâne du Lézard n'avait autrefois qu'une seule fosse temporale, et toute relation entre les Lézards et les Rhynchocéphales serait donc exclue.

Un crâne fossile trouvé au Texas en 1912 et un autre découvert en Afrique du Sud un an plus tard, servirent tous deux de base pour étayer l'une et l'autre de ces hypothèses. Williston [25, 26] croyait qu'il avait découvert le type ancestral de Lézard: c'était l'*Araeoscelis* provenant du Permien-Carbonifère du Texas. L'Aréoscèle n'a qu'une fosse temporale et son os carré est immobile. Williston était convaincu que la liaison avec le crâne du Lézard s'était faite par émargination de l'os temporal suivie de streptostylie.

L'Aréoscèle ne convainquit cependant pas tous les paléontologistes. R. Broom, notamment, n'était pas d'accord, et la même année [4] il décrivit le crâne d'un Reptile, le *Youngina*, possédant deux fosses temporales. Ce fossile provenait de la zone cistécéphale des gisements de Beaufort Beds (Permien supérieur) en Afrique du Sud. Si la voûte temporale est réduite l'os carré devient mobile. Le *Youngina* a aussi un os sur le bord postérieur interne de la fosse temporale supérieure; cet os, le supratemporal des diagrammes de Broom, persiste chez les Lézards actuels. Les Rhynchocéphales ne l'ont pas, mais il se trouve chez leurs ancêtres. On ne découvrit que quelques autres *Younginas* et des types similaires en Afrique du Sud [9], précieuse mine de Reptiles fossiles; Broom [5, 6] les groupa sous le nom d'Eosuches (figure 5). Comme on n'avait pas découvert la moindre trace de Lézard véritable on s'y résigna en supposant que ce Reptile n'avait fait son apparition que beaucoup plus tard, pendant le Jurassique supérieur ou le Crétacé.

Mais l'Afrique du Sud devait quand même retenir à nouveau l'attention des paléontologistes. En 1935 Parrington [17] décrivit un petit Reptile du genre Lézard, le *Prolacerta*, dans des gisements de Lystrosaure (Triasique inférieur). En 1935 également Camp [10] découvrit un autre échantillon qu'il étudia et décrivit en détail. Le *Prolacerta* occupe une position intermédiaire entre le *Youngina* et les Lézards (figure 5). La voûte temporale inférieure du *Prolacerta* n'est pas fermée et l'os carré est streptostylique. On démontra ainsi que les Lézards descendent de types ayant deux fosses temporales. Les Lézards et les Rhynchocéphales sont donc effectivement proches parents.

Il est temps de noter ici une autre particularité de la tête des Reptiles. D'après Versluys le crâne du Lézard est cinétique [22]. Il comprend deux parties, un occiput et un segment maxillaire, qui ne sont nullement liées entre elles et peuvent se déplacer l'une contre l'autre. Quand l'animal ouvre la bouche le segment occipital reste fixé à la colonne vertébrale, tandis que des muscles spéciaux déplacent la mâchoire contre le segment occipital.

La paléontologie démontre que les types ancestraux de Reptiles avaient le crâne cinétique; le *Youngina* et le *Prolacerta* l'ont tous les deux. Sous ce rapport la tête du Lézard est demeurée plus primitive que celle des Rhynchocéphales. Celle-ci représente un état modifié: elle a évolué en vue d'un mode particulier d'alimentation et la dentition est fortement spécialisée: le Tuatara mange non seulement des vers et des insectes, mais aussi des escargots et des moules. La recherche embryologique confirme que le crâne des Rhynchocéphales a évolué à partir d'un type cinétique. La connexion articulée joignant les deux segments crâniens, dite basiptérigoïde, est bien développée dans l'embryon; les muscles associés sont attachés mais ils régressent plus tard.

A cet égard le rapport entre les Lépidosaures (Lézards, Rhynchocéphales et Reptiles connexes)

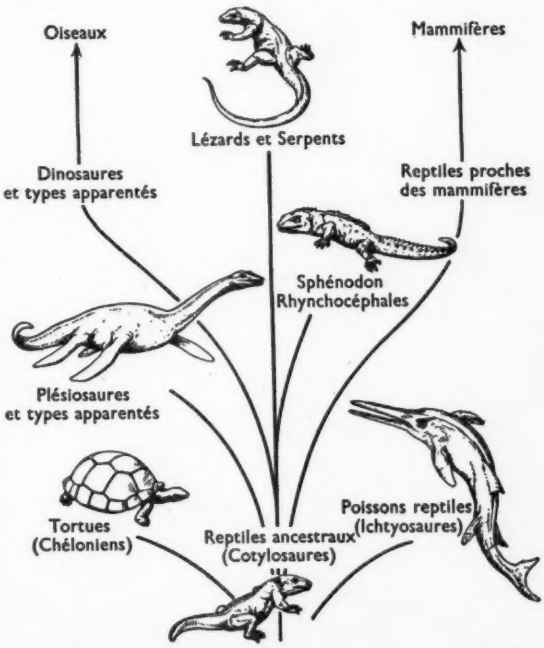


FIGURE 4 – *Branches principales et secondaires des Reptiles* [28].

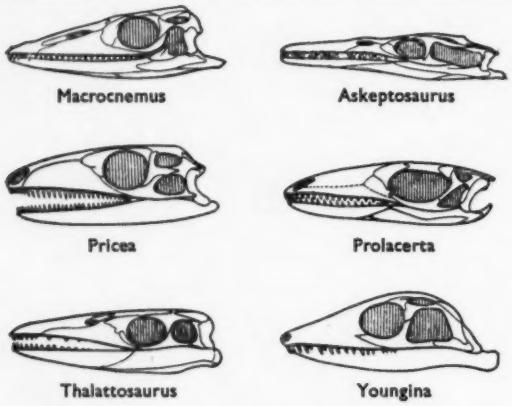


FIGURE 5 – *Eosuches et Squamates primitifs.* (D'après R. Broom; R. Broom et J. T. Robinson; C. L. Camp; E. Kuhn-Schnyder, et A. S. Romer.)

et les Archosaures mérite un complément d'explication. Ces groupes ont chacun un crâne primitif à deux fosses temporales, mais leurs représentants actuels présentent des différences anatomiques fondamentales. Ainsi les Crocodiles (Archosaures) ont un pénis simple et un orifice cloacal allongé, tandis que les Lézards et les Serpents ont un double pénis et un cloaque transversal. L'expérience prouve que la nature de la fosse temporale est un critère systématique dont on ne peut user qu'avec la plus grande prudence car elle dépend à l'origine de la formation de la musculature de la mâchoire et de la dentition.

Les *Prolacerta* datent du Triasique inférieur; les vrais Lézards n'apparaissent pas avant le Jurassique supérieur [3]. Pour savoir si la lignée des types que nous proposons est exacte il faudra que de nouvelles découvertes couvrant cette étape énorme de 50 millions d'années viennent la confirmer. Des excavations entreprises en 1924 dans les Alpes Méridionales par B. Peyer, actuellement directeur du musée zoologique de l'Université de Zurich, ont éclairé ce sujet d'une lumière nouvelle. Comme étudiant, en 1925 déjà, l'auteur eut la chance d'y participer.

A Monte San Giorgio, au Sud de Lugano, il y a des gisements de Téthys, la vaste, «Méditerranée» préhistorique. Ses couches de bitume alternant avec des gisements de dolomite sont particulièrement riches en Reptiles et en Poissons datant de la section supérieure du stade anisique du Triasique (Triasique moyen). Les corps de Reptiles marins (Ichtyosaures) échouèrent sur ce rivage et les Sauriens aquatiques dominent dans ces gisements. On connaît nombre d'exemples de Sauroptéryges qui se servaient de leurs membres pour nager. Ils vivaient en compagnie de Placodontes, dont les mâchoires étaient munies de grandes dents arrondies au moyen desquelles ils écrasaient leurs proies à écailles dures. En vérité les dépôts de Monte San Giorgio constituent la source la plus fertile connue de Reptiles marins du Triasique moyen. Ce n'est qu'au Spitzberg et dans le Névada qu'on trouve une faune de Vertébrés marins aussi anciens. Les dépôts côtiers de Monte San Giorgio abritent aussi les restes de Reptiles qui menaient une vie amphibie ou qui ne vivaient pas habituellement dans la mer. Citons parmi ceux-ci une série type de reptiles dont la classification naturelle est restée douteuse jusqu'à présent: le *Tanystropheus*, le *Macrocnemus* et l'*Askeptosaurus*.

Un fait est frappant: la majorité des fossiles découverts sont des squelettes presque complets. Ces animaux ont dû être ensevelis très rapidement. Leurs squelettes ont tous été comprimés et déformés sans se briser. Il en est ainsi surtout dans les couches bitumineuses. Le degré de cette forte déformation indique qu'un peu moins de neuf dixièmes du volume total du fluide animal s'est éliminé par suintement. On est généralement obligé de recourir à la reconstruction plastique des parties pour donner une représentation fidèle des têtes et des ceintures scapulaire et pelvienne déformées. La préparation d'échantillons et leur interprétation scientifique sont facilitées par des photographies aux rayons X (figures 6 et 7).

Nous n'avons pas été les premiers à fouiller les gisements triasiques des Alpes Méridionales. En 1863 et en 1878 des chercheurs milanais examinèrent le schiste bitumineux de Besano dans le Varèse. En 1886 Bassani [1] publia un résumé de ses recherches, mais le grand mémoire annoncé ne vit jamais le jour. Ces fossiles vertébrés étaient relégués dans des coins du Musée de Milan; quelques rares experts en connaissaient l'intérêt et un seul géologiste étranger visitait souvent Milan. C'etait le baron hongrois Franz von Nopcsa. Il étudia et reconstitua le *Tribelesodon* [13], cet étrange «reptile volant». Il s'intéressa aussi au remarquable *Macrocnemus* [15] et il découvrit en outre un Reptile, *Askeptosaurus italicus* [14], qui avait échappé aux paléontologistes italiens. Nous sommes parvenus à déterrer les restes complets de ces trois bêtes.

Voici, d'après les recherches contemporaines, une critique du classement systématique par Nopcsa de l'*Askeptosaurus*, du *Macrocnemus* et du *Tanystropheus*.

Askeptosaurus italicus Nopcsa. En 1925 Nopcsa [14] ne disposait que d'une petite hanche (ilium) et

FIGURE 6 – Askeptosaurus italicus *Nopcsa, d'après une photographie aux rayons X préparée par l'Institut de Radiographie de l'Hôpital Cantonal de Zurich (Directeur: le Professeur H. R. Schinz).* (D'après E. Kuhn-Schnyder, 1952.) ($\times \frac{1}{7}$)

FIGURE 7 – Tanystropheus longobardicus (*Bass.*). *D'après une photographie aux rayons X préparée à l'Institut de Radiographie de l'Hôpital Cantonal de Zurich (Directeur: le Professeur H. R. Schinz).* (D'après B. Peyer (1931).) ($\times \frac{3}{7}$)

de la charpente microscopique des côtes pour identifier ce nouveau genre et cette espèce (figure 8). Il conclut que ces os provenaient du squelette d'un type de Reptile, jusqu'alors inconnu, appartenant probablement à la série type des anciens Lézards sur lesquels on était si peu renseigné à l'époque. E. Kuhn-Schnyder [12], examinant les découvertes récentes, démontra que l'*Askeptosaurus* possède deux fosses temporales dont celle du bas n'est pas fermée (figures 5, 6). Il y a un os supratemporal; l'os carré est mobile et le crâne est cinétique. Malgré la pénurie de matériaux, Nopcsa avait reconnu la position exacte de ce fossile en systématique. L'*Askeptosaurus* est effectivement un représentant spécialisé des Lézards primitifs. Outre certains caractères typiques de la vie terrestre son squelette présente plusieurs particularités qu'on ne peut expliquer qu'en supposant qu'il avait un genre de vie amphibie. Il est apparenté au *Thalattosaurus* marin du Triasique supérieur de Californie.

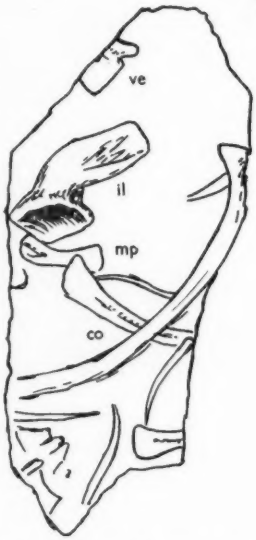


FIGURE 8 – *Exemple type d'*Askeptosaurus italicus *de Nopcsa. Légende: il = os iliaque.* (D'après F. v. Nopcsa, 1925.)

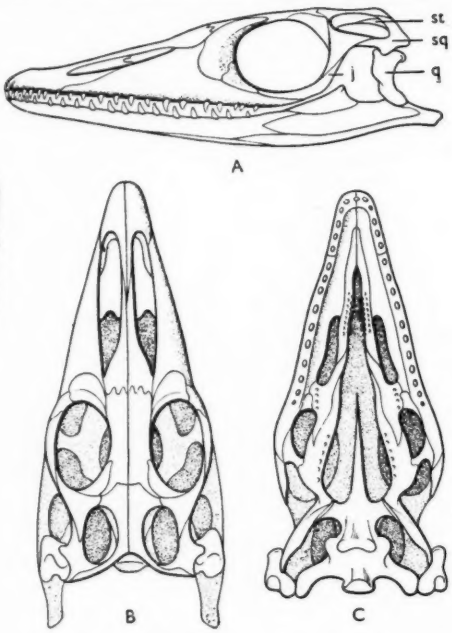


FIGURE 9 – *Reconstruction du crâne du* Macrocnemus bassanii Nopcsa. *A, vu de côté; B, vu d'en haut; C, vu d'en dessous. Légende: j = jugal; q = os carré; sq = squamosal; st = supratemporal.* (D'après E. Kuhn-Schnyder.)

Macrocnemus bassanii Nopcsa. En 1930 Nopcsa [15] ne disposait que des restes mal conservés d'un spécimen qui, à l'origine, avait été complet. C'est pourquoi sa courte note ne comporte qu'un croquis (figure 10) destiné à illustrer les proportions remarquables de cet animal. Nopcsa classa le *Macrocnemus* tout près de l'*Araeoscelis* du genre permien; en 1937 Peyer [19] a décrit des découvertes récentes dans un article détaillé. *Macrocnemus* et le *Tanystropheus* ont certains traits communs: le jugement de Nopcsa semblait donc confirmé. Peyer [20] classe le *Macrocnemus* avec le *Tanystropheus*, et le *Protorosaurus* et l'*Araeoscelis* parmi les Protorosaures et il fait ressortir une parenté avec les Squamates et les Rhynchocéphales. Comme il n'était pas encore possible d'expliquer très clairement la structure du crâne du Macrocnème, l'auteur a récemment tenté d'en effectuer la reconstitution plastique à l'aide de nouveaux matériaux. Les résultats ne permettent plus le doute (figure 9); le Macrocnème a deux fosses temporales; la voûte temporale inférieure est incomplète; l'os carré est streptostylique; le crâne est cinétique, il y a un os supratemporal. On doit donc classer le Macrocnème dans la série type des Lézards primitifs.

Tanystropheus longobardicus (Bassani). En 1886 Bassani [1], le premier, décrivit un fossile trouvé à Besano: c'était le *Tribelesodon longobardicus*. En 1923 Nopcsa [13] en refit l'étude; tous deux l'appellent le reptile volant le plus ancien (figure 11). Quelques vertèbres et les restes d'une mâchoire inférieure furent recueillis à la suite d'une chute de rochers dans une galerie de la Cava Tre Fontane de Monte San Giorgio au printemps de 1927. On prouva que ces vertèbres appartenaient au mystérieux Tanystrophe. Connues depuis plus d'un siècle, des vertèbres identiques avaient été trouvées dans les gisements de moules de Bayreuth. Elles avaient été attribuées à la queue de Dinosaures. Pendant l'été 1929 les fouilles du musée fournirent le fossile représenté dans la figure 7; on verra que ces vertèbres appartenaient réellement au cou de l'animal. La longueur démesurée du cou de ce reptile provient de l'élongation des vertèbres individuelles, comme c'est le cas pour la girafe. Un nouvel examen du fragment de *Tribelesodon* de Milan a prouvé que le reptile

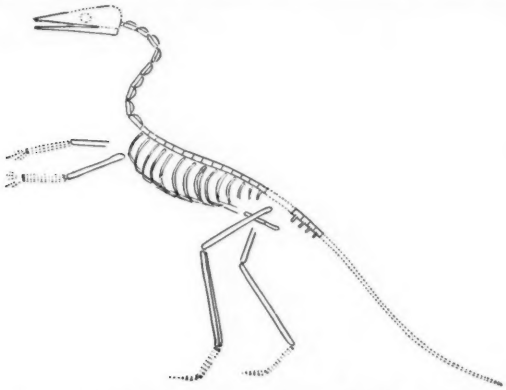


FIGURE 10 – Macrocnemus bassanii *Nopcsa. Dessin schématique. La pose dinosaure de l'animal n'est pas exacte.* (D'après F. v. Nopcsa 1930). (× ½)

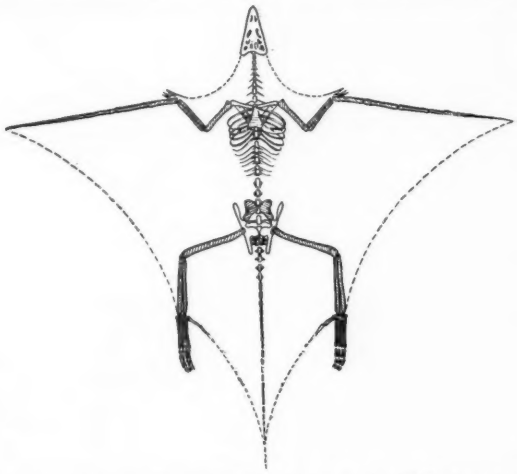


FIGURE 11 – *Reconstruction inexacte du* Tribelesodon (Tanystropheus) *sous la forme d'un parachutiste.* (D'après F. v. Nopcsa (1923).) (× ½)

volant est réellement un *Tanystropheus*. Bassani et Nopcsa pensaient que la série de ces vertèbres allongées du cou étaient les éléments du doigt d'une aile. En 1931 Peyer [18] publia un mémoire traitant des nouvelles découvertes de Tanystrophes. A l'origine Peyer était d'avis que le Tanystrophe était un de ces Sauroptéryges, ces types à fosse temporale unique. En établissant la parenté du Tanystrophe avec le Macrocnème on éclaircit sa classification systématique [19]. Une reconstruction de la partie inférieure du crâne effectuée par l'auteur a prouvé que le crâne du Tanystrophe est cinétique car l'os carré est streptostylique et la fosse temporale inférieure n'est pas fermée. Le Tanystrophe était un Lézard fortement spécialisé qui vivait sur les côtes de Téthys et également de la mer intérieure germanique vers le milieu du Triasique. Il pouvait atteindre jusqu'à 6 mètres de longueur, mais la fonction de son cou démesuré demeure une énigme.

L'Askeptosaure, le Macrocnème et le Tanystrophe prouvent que les Lézards remontent au Triasique moyen, et l'existence de ces types spécialisés confirme l'opinion que les Lézards traversaient déjà une première période de développement à cette époque reculée. Le retour à la mer avait déjà commencé. L'Askeptosaure et le Thalattosaure confirment cette migration, et au cours du Crétacé une branche de Lézards, les puissants Mosasaures, rentra dans la mer.

BIBLIOGRAPHIE

[1] BASSANI, F. *Atti. Soc. ital. Sci. nat.*, **29**, 15, 1886.
[2] DE BEER, G. R. «The Development of the Vertebrate Skull». Clarendon Press, Oxford. 1937.
[3] BROILI, F. *S.B. bayer. Akad. Wiss.*, 97, 1938.
[4] BROOM, R. *Proc. zool. Soc. Lond.*, 1072, 1914.
[5] *Idem. Bull. Amer. Mus. nat. Hist.*, **51**, II, 39, 1924.
[6] *Idem. Ibid.*, **51**, III, 67, 1924.
[7] *Idem. Proc. zool. Soc. Lond.*, I, 1925.
[8] *Idem. Geol. Mag.*, **79**, VI, 332, 1942.
[9] BROOM, R. et ROBINSON, J. T. *Proc. zool. Soc. Lond.*, **118**, II, 392, 1948.
[10] CAMP, C. L. *Amer. J. Sci.*, **243**, 17, 84, 1945.
[11] FÜRBRINGER, M. *Jena. Z. Naturw.*, **34**, 215, 1900.
[12] KUHN-SCHNYDER, E. *Schweiz. palaeont. Abh.*, **69**, I, 1952.
[13] NOPCSA, F. v. *Paläont. Z.*, **5**, 161, 1923.
[14] *Idem. Zbl. Miner. Geol. Paläont.*, B, 265, 1925.
[15] *Idem. Ibid.*, 252, 1930.
[16] OSBORN, H. F. *Mem. Amer. Mus. nat. Hist.*, **I**, VIII, 449, 1903.
[17] PARRINGTON, F. R. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, (10) **16**, 197, 1935.
[18] PEYER, B. *Abh. schweiz. palaeont. Ges.*, **50**, 7, 1931.
[19] *Idem. Ibid.*, **59**, I, 1937.
[20] *Idem. Ecl. geol. Helv.*, **32**, 203, 1939.
[21] ROMER, A. S. *Amer. J. Sci.*, **245**, 19, 1947.
[22] VERSLUYS, J. *Zool. Jber.*, Suppl. **15** (Festschr. J. W. Spengel, **2**), 545, 1912.
[23] WATSON, D. M. S. *Geol. Mag.*, **79**, II, 81, 1942.
[24] *Idem. Obit. Not. roy. Soc.*, **8**, 37, 1952.
[25] WILLISTON, S. W. *J. Geol.*, **22**, 364, 1914.
[26] *Idem. Ibid.*, **25**, 410, 1917.
[27] YOUNG, C. *Amer. J. Sci.*, **246**, 711, 1948.
[28] ROMER, A. S. «Vertebrate Palaeontology» (2ème éd.). 1945.
[29] GREGORY, W. K. «Evolution Emerging». 1951.

Revue des livres

BIOGRAPHIE

NICOLLE, J.: *Un Maître de l'Enquête Scientifique, Louis Pasteur*. Pp. 222. Editions du Vieux Colombier, Paris. 1953. 610 fr.

L'auteur s'est proposé — et il y a parfaitement réussi — de nous révéler le cheminement de la pensée chez l'incomparable «magicien» nommé Pasteur, à travers les grands sujets de recherches dont il s'occupa au cours de sa vie. Un tel démontage du mécanisme de ses raisonnements fait apparaître leur rigueur et leur admirable simplicité. On remarque aussi davantage l'unité de l'œuvre pastorienne dans la diversité de ses titres, qui vont de la cristallographie aux maladies contagieuses en passant par l'étude des fermentations. Bon nombre de lecteurs seront du même avis que le préfacier: ils éprouveront un vif plaisir à suivre aussi «le pourquoi et le comment» de la pensée de Pasteur et la lecture de cet ouvrage constitue un excellent prélude à la vocation de chercheur.

Ci-après un rappel des dix enquêtes traitées successivement: acide tartrique; fermentations; générations dites spontanées; vinaigre; vins; vers à soie; bière; charbon; choléra des poules; rage.

R. DELABY

BIOLOGIE

BUCHNER, Paul: *Endosymbiose der Tiere mit Pflanzlichen Mikro-organismen*. Pp. 772. Verlag Birkhäuser, Bâle. 1953. Broché: 62,40 fr. suisses; relié: 66,50 fr. suisses.

Cet excellent volume englobe de vastes connaissances générales ainsi que le résultat de quarante ans d'étude de la symbiose. L'ouvrage est divisé en trois parties. La première traite de la découverte et de l'importance de l'endosymbiose. La seconde, qui est spécialisée, décrit les diverses associations de symbiotes, leur forme, aspect biologique et rapports avec les hôtes etc. Là, le groupement n'est basé ni sur la systématique des hôtes, ni sur celle des associations de symbiotes elles-mêmes, mais sur l'alimentation ou la physiologie des hôtes. L'auteur reconnaît sept groupes principaux: association de symbiotes chez les animaux dont la nourriture est soit à base de cellulose, d'écoulements d'arbres, de sève végétale, de kératine, soit mixte; chez les animaux producteurs de lumière et les associations qui sont limitées aux organes excréteurs.

La troisième partie est générale et traite de l'emplacement des associations, de leur moyens de transmission à la génération suivante, de leur développement pendant le stade embryonnaire et post-embryonnaire de l'hôte et de l'aspect économique des rapports avec celui-ci. On y trouve aussi une étude du rôle que ces associations peuvent jouer dans l'élucidation de l'évolution des hôtes. Le texte est très clair et abondamment illustré.

F. BARANYOVITS

CHIMIE

HEILBRON, Sir Ian et BUNBURY, H. M., Présidents du Comité de Publication; autres membres: COOK, A. H. et JONES, E. R. H. *Dictionary of Organic Compounds*. Nouvelle édition en quatre volumes. Pp. 654, 845, 838 et 694 respectivement. Eyre and Spottiswoode Limited, Londres. 1953. £28.

Cette édition entièrement nouvelle et considérablement augmentée du Dictionnaire de Heilbron sera bien accueillie de tous les chimistes organiciens et biochimistes. Ceux qui n'ont pas aisément accès au manuel de Beilstein la trouveront extrêmement utile dans beaucoup de cas, bien qu'elle ne soit pas absolument complète. Même ceux qui peuvent consulter tous les volumes de la «famille» Beilstein en voie rapide d'expansion seront heureux d'y avoir recours dans les moments de hâte ou de fatigue pour trouver rapidement quelque note importante, une constante physique ou une formule développée. Dans ces nombreuses occasions, le chercheur sera très souvent récompensé en trouvant exactement le renseignement voulu.

Considérant les limites que les auteurs se sont imposées, on ne peut louer trop hautement leur œuvre. Les termes sont classés par ordre alphabétique et, dans les cas où cela entraînerait des complications, quelques principes directeurs sont énoncés, illustrés de formules indiquant les chaînes droites et ramifiées ainsi que les cycles avec les atomes de carbone numérotés. L'introduction contient la liste des principaux substituants avec leurs formules et le titre (complet et abrégé) des 145 publications citées.

Les renseignements donnés sur chaque corps comprennent en général la formule développée complète (si elle est connue), les points de fusion et d'ébullition, l'aspect, la solubilité, la provenance et de deux à au moins six notes bibliographiques. Plus de 2500 composés nouveaux ont été ajoutés depuis la dernière édition et la littérature passée en revue va jusqu'à la fin de 1950. De nombreuses notes se rapportent toutefois aux années 1951–3, insistant spécialement sur les corps d'importance biochimique.

Les chimistes s'occupant de produits naturels seront particulièrement heureux de trouver sans difficulté des détails sur les produits les plus variés et de formule originale. La documentation fournie se révélera très complète et d'immense valeur. Citons, par exemple, la thévetose, sucre naturel imparfaitement méthylisé presque unique de son espèce. Aucune mention, par ailleurs, des dérivés carboxyliques de sels alcoylés ou d'alcoylarylsulphonium qui, sous le nom de thétines, ont récemment attiré l'attention en Amérique où le nom de ce groupe devient commun. On y trouve, cependant, plusieurs tropolones et le remarquable composé sulfuré hétérocyclique thia-adamantane tiré récemment du pétrole par Birch et ses collègues. Le corps voisin non moins intéressant, l'adamantane, produit pétrolier également, figure à côté des hormones A.C.T.H., corticostérone et cortisone; la streptomycine, l'actinomycine et l'atébrine (mieux connue sous le nom de mépacrine, remède anti-malarien) sont aussi citées. Les pénicillines avec leurs produits de dégradation occupent sept pages.

Les chercheurs en chimie organique synthétique et ceux qui ont affaire aux produits intermédiaires de l'industrie des teintures trouveront leurs besoins entièrement satisfaits. Le livre est utile et économisera de la peine. Il représente de plus un apport de valeur à la littérature chimique et sera une source d'encouragement et de satisfaction intellectuelle pour les imaginatifs.

FREDERICK CHALLENGER

WILD, F.: *Estimation of Organic Compounds*. Pp. 239. Cambridge University Press, Londres. 1953. 25s.

Le volume est divisé en sept chapitres: oléfines solides, liquides et gazeuses; alcools, énols et phénols; mercaptans; aldéhydes et cétones; amines et composés aminés; composés nitro, nitroso et cyano, isocyanates et isothiocyanates; autres groupes comprenant les associations acétyl, benzoyle, méthoxyle, éthoxyle, propoxyle, butoxyle,

méthylimino, éthylimino, méthyle et éthyle avec le soufre et méthyle-carbone. L'analyse élémentaire des composés organiques n'est pas étudiée. Les diverses méthodes de détermination des groupes sont décrites avec plus ou moins de détails, les sources d'erreur étant citées de même que les moyens de les éliminer ou de les réduire au minimum. Le pourcentage d'exactitude obtenu est donné pour ceux des procédés qui sont décrits intégralement. L'auteur n'a pas hésité à faire usage des méthodes physiques lorsqu'il était possible. Il y a des notes bibliographiques tout au long de l'ouvrage.

Comme le fait remarquer le Dr. Wild, l'analyse organique quantitative est rarement bien traitée dans l'enseignement et il est certain que son livre aidera à orienter l'intérêt dans cette direction. Il rendra grand service aux étudiants dans leurs dernières années d'études et aux chercheurs en chimie organique. A. I. VOGEL

CRISTALLOGRAPHIE

LIPSON, H. et COCHRAN, W.: *The Determination of Crystal Structures*. Pp. IX + 345, avec des figures au trait et des illustrations en demi-teintes. G. Bell and Sons Limited, Londres. 1953. 50s.

Ce livre est le troisième et dernier volume de l'importante série intitulée *The Crystalline State*, publiée sous la direction de Sir Lawrence Bragg. Il aborde la question de la détermination des structures cristallines à partir des travaux expérimentaux complétés et comme il étudie la valeur des résultats finals en fonction de l'exactitude des mesures expérimentales, il ne sera pas dépassé par les progrès des techniques expérimentales.

Les auteurs ont fait, et font encore, des apports remarquables au sujet en théorie comme en pratique et la présence dans un ouvrage publié en 1953 de notes renvoyant à des articles parus la même année démontre assez que le spécialiste même ne gagnerait rien de plus ceux récemment parus, à consulter fait presque unique pour un manuel. En effet, la nature mathématique d'un grand nombre de théories modernes cherchant à résoudre le problème des phases dans l'analyse des structures cristallines a souvent accru par le passé la difficulté apparente des apports individuels manquant parfois de clarté et utilisant de plus des nomenclatures différentes. La présentation admirablement unifiée de ce livre simplifie de beaucoup la question.

Tous ceux qui s'intéressent à la cristallographie des structures ne sauraient être trop reconnaissants aux auteurs. Ils nous rappellent à juste titre que dans ce domaine l'expérience est indispensable, mais à défaut de celle-ci, leur livre est bien ce qu'on peut trouver de meilleur.

KATHLEEN LONSDALE

GÉOPHYSIQUE

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut 1854–1954: Volume publié à l'occasion de son centenaire par l'Institut Royal de Météorologie des Pays-Bas. Pp. 469, avec des figures et des illustrations en couleurs et en demi-teintes. Staatsdrukkerij- en Uitgeverijbedrijf, La Haye. 1954. Prix non cité.

La grande expansion de la météorologie au milieu du dix-neuvième siècle eut deux raisons très plausibles. Premièrement, on se rendit compte que les connaissances acquises sur les vents océaniques pourraient aider à écourter la traversée des grands vaisseaux à voiles. On voulut ensuite dans la mesure du possible avertir la flotte des vents destructeurs. C'est pourquoi la plupart des peuples maritimes du globe instituèrent leurs services météorologiques d'Etat autour de 1850. Les Hollandais furent parmi les premiers à le faire et le service fondé à cette époque a eu la bonne idée de célébrer son centenaire par la publication d'un magnifique volume relatant son histoire. C'est une histoire remarquable, tout comme la suite d'hommes distingués qui le dirigèrent depuis son fondateur, le Professeur Buys Ballot, jusqu'au Professeur Vening Meinesz, le dernier a compléter sa période d'activité.

Le livre se divise en trois parties. La première, surtout historique, renferme des sections importantes sur les travaux de météorologie internationale, y compris les années polaires internationales de 1882–3 et 1932–3. La seconde concerne l'organisation et l'œuvre actuelle du service, celle-ci comprenant non seulement la météorologie mais aussi l'océanographie physique et la plupart des autres secteurs de la géophysique. On trouve enfin dix articles originaux sur des questions de recherche géophysique où se distinguent les membres actuels du service. L'un d'eux, fort à propos, fait une étude des indications de changements climatiques d'après les notations instrumentales enregistrées à De Bilt depuis plus de 200 ans. Le livre est admirablement illustré de planches dont certaines, en couleurs, montrent divers états du ciel. Il constitue un apport à la science en même temps qu'un hommage du service météorologique hollandais à ses fondateurs.

P. A. SHEPPARD

MÉTALLURGIE

SULLY, A. H.: *Metallurgy of the Rarer Metals: No. 1 — Chromium*. Pp. 272. MILLER, G. L. *No. 2 — Zirconium*. Pp. 382. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1954. 35s. et 45s. respectivement.

La parution de ces deux volumes, les premiers d'une série sur un certain nombre de métaux relativement rares, coïncide avec l'accroissement rapide de l'importance stratégique du chrome et du zirconium. Les progrès les plus récents de la métallurgie du chrome sont dus à une purification plus poussée obtenue au cours de la recherche de matériaux nouveaux doués de propriétés utiles aux fortes températures, et convenant aux moteurs modernes. Dans le cas du zirconium, le développement rapide de la production et des travaux sur les alliages résulte de l'excellente résistance chimique du métal et des applications possibles des alliages dans le domaine de l'énergie atomique. Chaque volume est l'œuvre d'une autorité sur la question et offre au lecteur une mine d'information. Ils encourageront certainement le chercheur à augmenter sa connaissance rudimentaire de ces métaux. Les points traités comprennent la provenance, la production, la fonte, la fabrication et les propriétés physiques et chimiques des métaux purs et de leurs alliages ainsi que leur constitution telle qu'elle est connue actuellement. On trouve également des bibliographies très complètes. Si les ouvrages suivants sont du même niveau, on attend avec confiance les volumes annoncés sur le titanium, le molybdène, le platine, le manganèse et l'uranium.

B. W. MOTT

PHYSIQUE

GAYDON, A. G. et WOLFHARD, H. G.: *Flames. Their Structure, Radiation and Temperature*. Pp. 340, avec des figures et des illustrations en demi-teintes. Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 55s.

La combustion a été l'objet de tant d'études de la part des chimistes comme des physiciens et son importance technique est si grande qu'il est presque impossible de la présenter en un seul traité. Ce livre, de taille moyenne, ne

s'occupe que des flammes stationnaires, avec accent sur l'aspect physique plutôt que chimique. Il s'intéresse en outre spécialement à la mesure de la vélocité des flammes, aux théories de leur propagation, à leur production de carbone, leur radiation et à la mesure des fortes températures et de l'ionisation dans les flammes.

Il est clair que le champ traité est tout de même très vaste et l'aide des auteurs qui ont à leur actif un grand nombre de contributions originales, sera la bienvenue pour beaucoup. L'ouvrage est abondamment illustré de figures, de diagrammes, de photographies de spectres et de quelques reproductions en couleurs de flammes.

La préface ne cite pas toutes les questions traitées et l'on trouve quelques paragraphes brefs mais très instructifs sur des points isolés tels que les flammes sensibles, les flammes contenant des oxydes d'azote, du diborane ou de la fluorine, les flammes atomiques et la combustion des particules solides. Ces quelques indications donnent une idée de la richesse du livre.

F. A. PANETH

SEGRÈ, E., publié sous la direction de: *Experimental Nuclear Physics*. Vol. I et II. Pp. 789 et 600 respectivement. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 120s. et 96s.

«Une œuvre collective dans le genre du *Handbuch der Physik* de Geiger-Scheel semblait la seule solution» fait remarquer l'introduction de cet ouvrage de physique nucléaire en trois volumes; le troisième est encore à paraître. Le niveau élevé suggéré par cette comparaison se maintient brillamment tout au long de chaque partie, œuvre d'une autorité sur le sujet. Les points traités comptent les méthodes de décèlement, le passage des radiations dans la matière, les moments nucléaires et statistique nucléaire, problèmes à deux corps et fondements de structure nucléaire, dynamique et optique des particules chargées, abondance isotopique relative d'éléments, masses atomiques, réactions nucléaires, le neutron. Dans une œuvre encyclopédique de ce genre, on ne peut isoler des contributions individuelles sans risquer d'être injuste et il est également impossible de rendre justice à toutes. Disons seulement que les parties que nous sommes à même de juger comptent très peu d'erreurs et qu'elles sont minimes.

Bien que le titre contienne le terme «expérimental», il ne s'agit pas d'un simple catalogue d'expériences. Chaque exposé est nettement entouré d'un cadre de théorie et l'ouvrage est plus théorique dans l'ensemble qu'aucun manuel de physique nucléaire si ce n'est celui de Blatt et Weisskopf, auquel il semble faire pendant. Les expériences sont clairement décrites et parfaitement illustrées de diagrammes, graphiques et tableaux et l'ensemble est si bien présenté qu'il est difficile d'en critiquer le prix.

L. R. B. ELTON

SCIENCE GÉNÉRALE

Ashworth UNDERWOOD, E.: Deux volumes publiés sous la direction de. *Science, Medicine and History. Essays in honour of Charles Singer*. Pp. 563 et 646, avec des illustrations au trait et en demi-teintes. Oxford University Press, Londres. 1953. 11 guinées les deux tomes.

On a plaisir à voir une longue carrière de dévouement inébranlable à la science et au savoir honorée de cette façon. L'ouvrage consiste en une série remarquable d'articles et d'essais offerts par des savants et des érudits de nombreux pays. Son plan et sa présentation durent demander un labeur prolongé, car plusieurs des contributeurs sont morts depuis quelques années déjà. Non moins de quatre-vingt-dix en tout ont aidé à remplir de contributions les plus variées ces deux beaux volumes ayant le but commun d'illuminer d'un angle différent l'histoire de la médecine et le champ beaucoup plus vaste de la spéculation philosophique et de la science expérimentale. Il est naturellement impossible de faire une revue systématique assez courte d'un travail aussi divers. Les articles sont évidemment de longueur, style, genre et contenu différents, depuis des monographies minuscules sur des documents anciens, des écoles, systèmes ou sociétés locales ou sur des périodes de développement scientifique ou médical remarquable jusqu'à des interprétations nouvelles de systèmes philosophiques bien connus et même des souvenirs personnels de professeurs et de chercheurs éminents de notre époque. Nous notons avec satisfaction que l'on a reconnu l'importance que peuvent avoir, pour les historiens futurs de la science et de la médecine, ces souvenirs intimes: ils constituent un témoignage contemporain sur des hommes appelés à conserver aux yeux de la postérité la place élevée que leur ont assignée leurs élèves et leurs admirateurs.

Le livre débute par une esquisse excellente de la vie de Charles Singer faite par le Dr. Underwood. On notera avec intérêt que sa carrière scientifique commença dans des laboratoires de recherche pathologique en Angleterre, puis pendant un certain temps en Allemagne et que, dans ses travaux sur le cancer, il fut presque le premier à faire une découverte qui reçut le Prix Nobel.

Quant aux articles riches et divers qui composent le reste du livre, beaucoup offrent le résultat de recherches historiques et érudites de grande importance, comme par exemple celles de Leake, Larkey et Lutz sur *The management of fractures according to the Hearst Papyrus*; de Wickersheimer, en français, sur les textes médicaux de Chartres du IXe, Xe et XIe siècles; de Rabin sur un texte arabe traitant du squelette, par Ibn Jami, médecin juif de Saladin, Sultan d'Egypte au XIIe siècle. On ne peut naturellement les citer toutes ou même prétendre à faire un choix représentatif, car chaque article a un intérêt individuel et diffèrent et tous sont d'un niveau élevé, Bornons-nous à en tirer un seul de chacun des «livres» divisant l'ouvrage en périodes successives. Du Livre III (La Renaissance) citons *History of Albrecht Dürer's Rhinoceros* de Cole abondamment et admirablement illustré; du Livre IV (La Philosophie nouvelle) *The Elusive Human Allantois in Older Literature*, de A. W. Mayer; du Livre V (Le Siècle révolutionnaire) *Jean Martet, a French Follower of William Harvey* de Le Fand; du Livre VI *Von Berger and his Text-Book of Human Physiology* d'Underwood; du Livre VII (Le XIXe siècle et après) *Richard Owen and the Discovery of the Parathyroid Glands* de Cave; et du Livre VIII (Vues générales) la critique piquante de Darlington intitulée *Purpose and Particles in the Study of Heredity*. Ce ne sont là que des exemples pris au hasard de l'extrême richesse de ces volumes.

Le Dr. Underwood et Oxford Press ont fait merveille pour assurer une présentation véritablement digne de l'intention de l'œuvre. Une critique détaillée du texte demanderait naturellement des mois, et même des années d'étude. L'ouvrage comporte une bonne bibliographie des écrits de Charles Singer (plus de 410) et un index très complet.

H. H. DALE

Livres reçus

(*Note.* La mention à cette page n'exclut pas la possibilité de revue ultérieure.)

ART DE L'INGÉNIEUR

BAKER, J. F.: *The Steel Skeleton*, Vol. I: *Elastic Behaviour and Design*. Pp. 206. Cambridge University Press, Londres. 1954. 42s.

ROCARD, Y.: *L'Instabilité en Mécanique*. Pp. 240. Masson et Cie., Paris. 1954. 1200 fr.

ASTRONOMIE

WOOD, Frank B. (publié sous la direction de): *Astronomical Photoelectric Photometry*. Pp. 141. American Association for the Advancement of Science, Washington; Bailey Brothers and Swinfen Limited, Londres. 1953. 33s.

BIOLOGIE

A Discussion on the Maintenance of Cultures by Freeze Drying. British Commonwealth of Nations Scientific Liaison Office. Pp. 48. Her Majesty's Stationery Office, Londres. 1954. 5s.

FOX, Denis L.: *Animal Biochromes and Structural Colours*. Pp. 379. Cambridge University Press, Londres. 1954. 60s.

GARNETT, W. J.: *Freshwater Microscopy*. Pp. 300. Constable and Company Limited, Londres. 1954. 30s.

GRAY, Ernest A.: *Microbiology, An Introduction*. Pp. 175. Crosby Lockwood and Son Limited, Londres. 1954. 10s. 6d.

LABORIT, H.: *Résistance et Soumission en Physiobiologie*. Pp. 120. Masson et Cie., Paris. 1954. 650 fr.

OGINSKY, E. L. et UMBREIT, W. W.: *An Introduction to Bacterial Physiology*. Pp. 416. W. H. Freeman and Company, San Francisco; Bailey Brothers and Swinfen Limited, Londres. 1954. 51s.

CHIMIE

BADGER, G. M.: *The Structures and Reactions of the Aromatic Compounds*. Pp. 456. Cambridge University Press, Londres. 1954. 63s.

BELLAMY, L. J.: *The Infra-red Spectra of Complex Molecules*. Pp. 323. Methuen and Company Limited, Londres. 1954. 35s.

BUVAT, Roger: *Chimiosynthèse et Photosynthèse*. Pp. 208. Presses Universitaires de France, Paris. 1954. 720 fr.

CHARLOT, G.: *Qualitative Inorganic Analysis*. Pp. 354. Methuen and Company Limited, Londres. 1954. 42s.

ECKEY, E. W.: *Vegetable Fats and Oils*. Pp. 836. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 132s.

EMMETT, P. H. (publié sous la direction de): *Catalysis*. Vol. I. Pp. 394. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 80s.

FRANCIS, G. E., MULLIGAN, W. et WORMALL, A.: *Isotopic Tracers*. Pp. 306. The Athlone Press, Londres. 1954. 37s. 6d.

KARRER, Paul: *Lehrbuch der Organischen Chemie*. 12e édition révisée. Pp. xx + 949. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 1954. DM 59,70.

MAVRODINEANU, R. et BOITEUX, H.: *L'Analyse Spectrale Quantitative par la Flamme*. Pp. 247. Masson et Cie., Paris. 1954. Broché, 3800 fr; cartonné, 4300 fr.

MÜLLER, Eugen (publié sous la direction de): *Methoden der Organischen Chemie (Houben-Weyl)*. 4e édition révisée. Vol. II: *Analytische Methoden*. Pp. xxiv + 1070. 1953. Vol. VII, Partie I: *Sauerstoffverbindungen II, Aldehyde*. Pp. xxiii + 596. 1954. Vol. VIII: *Sauerstoffverbindungen III*. Pp. xviii + 776. 1952. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. DM 139, 82 et 98 respectivement.

PATTERSON, A. M.: *French-English Dictionary for Chemists*. 2e édition. Pp. 476. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 52s.

ROUTH, J. I.: *20th Century Chemistry*. Pp. 564. W. B. Saunders Company Limited, Philadelphie et Londres. 1954. 29s.

SIGGIA, Sidney: *Quantitative Organic Analysis via Functional Groups*. 2e édition. Pp. 227. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 40s.

TIMMERMANS, J.: *Les Constantes Physiques de Composés Organiques Cristallisés*. Pp. 558. Masson et Cie., Paris. 1954. 5200 fr.

WATSON, P. G.: *Metabolic Integrations*. Pp. 12. W. Heffer and Sons Limited, Cambridge. 1954. 4s.

WILKINSON, J. H.: *Semi-Micro Organic Preparations*. Pp. 94. Oliver and Boyd, Edimbourg. 1954. 8s. 6d.

MÉDECINE

LEHMANN, Gunther: *Praktische Arbeitsphysiologie*. Pp. 355. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. 1953. DM 33.

WEVER, E. G. et LAWRENCE, M.: *Physiological Acoustics*. Pp. 454. Princeton University Press, Princeton; Geoffrey Cumberlege, Londres. 1954. 80s.

MÉTALLURGIE

AITCHISON, L. et PUMPHREY, W. I.: *Engineering Steels*. Pp. 923. Macdonald and Evans Limited, Londres. 1953. 105s.

BAILEY, A. R.: *Text-book of Metallurgy*. Pp. 560. Macmillan and Company Limited, Londres. 1954. 30s.

HUME-ROTHERY, W. et RAYNOR, G. V.: *The Structure of Metals and Alloys*. Pp. 363. The Institute of Metals, Londres. 1954. 35s.

PHYSIQUE

DE BROGLIE, L.: *Théorie Générale des Particules à Spin (Méthode de Fusion)*. Pp. 209. Gauthier-Villars, Paris. 1954. 2500 fr.

FRANÇON, Maurice: *Le Microscope à Contraste de Phase et le Microscope Interférentiel*. Pp. 149. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 1954. 1000 fr.

HARLEY, J. H. et WIBERLEY, S. E.: *Instrumental Analysis*. Pp. 440. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 52s.

HEITLER, W.: *The Quantum Theory of Radiation*. 3e édition. Pp. 430. Oxford University Press, Londres. 1954. 45s.

MARTIN, C. M.: *Numerical Tables of Nuclear Physics*. (Textes français et anglais). Pp. 258. Gauthier-Villars, Paris. 1954. Cartonné, 44s. 11d.; broché, 36s. 9d.

TECHNOLOGIE

HALLER, R.: *Der Colorist*. Pp. 117. Melliand-Verlag, Heidelberg. 1953. DM 8,80.

JOHNSTONE, S. J.: *Minerals for the Chemical and Allied Industries*. Pp. 692. Chapman and Hall Limited, Londres. 1954. 75s.

SELL, George (publié sous la direction de): *The Post-War Expansion of the U.K. Petroleum Industry*. Pp. 220. The Institute of Petroleum, Londres. 1954. 25s.

Notes biographiques sur les collaborateurs

SIR ROBERT ROBINSON

Naquit en 1886 et étudia à l'Université de Manchester. Nommé professeur de Chimie organique à l'Université de Sydney en 1912, il a occupé depuis plusieurs chaires professorales et détient actuellement la chaire Waynflete de Chimie à l'Université d'Oxford depuis 1930. Ses travaux scientifiques concernent la constitution et la synthèse de produits naturels tels que les alcaloïdes et anthocyanines, ainsi que l'application des théories électroniques au mécanisme des réactions. Il est ancien président de la *Royal Society* et de la *Chemical Society*.

A. URBAIN

Naquit au Havre en 1884 et devint vétérinaire militaire en 1906. Il passa son doctorat en 1920. Il entra au Muséum National d'Histoire Naturelle en 1931 et fut nommé deux ans plus tard Directeur des collections d'animaux vivants. L'état florissant des jardins zoologiques du Bois de Vincennes est largement dû à ses efforts personnels.

J. C. G. NOUVEL

Naquit à Nantes en 1909 et obtint le diplôme de docteur vétérinaire en 1931. Il devint licencié-ès-sciences naturelles en 1937. Il entra au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris en 1935 comme assistant du professeur d'Ethologie des bêtes sauvages et a collaboré depuis avec le Professeur Urbain. Il fut nommé Sous-directeur du laboratoire du Muséum en 1947.

H. GREINACHER

Naquit en Suisse en 1880 et étudia à l'Université de Berlin où il obtint ses diplômes en 1904. Il devint ensuite assistant aux Universités de Heidelberg, Genève et Zurich où il fut nommé professeur de Radiologie en 1916. En 1924 il fut institué professeur de Physique et directeur de l'Institut de Physique et de l'Observatoire Météorologique de l'Université de Berne, postes qu'il occupa jusqu'à sa retraite en 1952. A effectué de nombreux travaux, surtout expérimentaux, sur divers points de physique et en particulier sur les hautes tensions et les méthodes de mesure.

A. GÄUMANN

Né à Lyss, Suisse, en 1893, obtint ses diplômes à l'Université de Berne en 1917 puis étudia pendant un an à l'Université d'Upsala. De 1919 à 1922 fut phyto-pathologiste au Ministère de l'Agriculture des Indes néerlandaises, de 1922 à 1925, botaniste à la Station Agricole Expérimentale Suisse de Zurich-Oerlikon; il est depuis 1927 professeur et directeur de l'Institut de Botanique spéciale à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich.

W. H. MILLS

Naquit en 1873 et fit ses études aux Universités de Cambridge et de Tubingue. Est Maître de conférences honoraire de Stéréochimie à Cambridge où il fut Fellow et Président de *Jesus College* de 1940 à 1948. A reçu la médaille Davy de la *Royal Society* et la médaille Longstaff de la *Chemical Society* dont il fut président de 1941 à 1944.

E. S. HORNING

Naquit à Sydney, Australie, en 1900 et fit ses études aux Universités d'Oxford et de Melbourne. Reçut une bourse Rockefeller de recherche médicale qui lui permit de travailler au *Kaiser Wilhelm Gesellschaft* de Berlin-Dahlem et dans d'autres centres européens de recherche avant d'aller à la *Washington University Medical School* de Saint-Louis.

En 1933 il revint à Londres, ayant reçu une bourse Beit de recherche médicale et entra aux laboratoires de l'*Imperial Cancer Research Fund* dont il devint ensuite membre du personnel scientifique. A la fin de la guerre fut nommé Chargé de cours de Pathologie expérimentale au *Royal Cancer Hospital*.

E. KUHN-SCHNYDER

Naquit à Zurich en 1905 et étudia les sciences naturelles à l'Ecole Polytechnique Fédérale de cette ville; obtint ses diplômes de Zoologie en 1932. En 1940 devint sous-directeur du Musée Zoologique et en 1947 maître de conférences d'Anatomie comparée et de Paléontologie à l'Université de Zurich. Il dirige depuis 1950 une vaste excavation nouvelle au Mont San Giorgio. Il est l'auteur de *Die Tierwelt der prähistorischen Siedlungen der Schweiz* (1949), *Geschichte der Wirbeltiere* (1953) ainsi que de nombreux articles de recherche paléontologique.